EDUQ
8870804

LES PUBLICATIONS DE LA
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

VERS UN RENOUVELLEMENT DE LA FORMATION ET DU PERFECTIONNEMENT DES MAÎTRES DU PRIMAIRE: LE PROBLÈME DE LA DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES

JEAN J. DIONNE

Université de Montréal
Faculté des sciences de l'éducation
Vice-décanat aux études supérieures et à la recherche

Niveau(x) d'enseignement: 3 Numéro EDUQ : 9870804
Centre d'intérêt: 041

Dionne, Jean J.

Vers un renouvellement de la formation et du perfectionnement des maîtres du primaire : le problème de la didactique des mathématiques / Jean J. Dionne. -- Montréal : Université de Montréal, Vice-décanat aux études supérieures et à la recherche, [1988?].
xxvii, 325 p. ; 21 cm. -- (Collection Prix Grégoire) -- (Les Publications de la Faculté des sciences de l'éducation)

"Prix Grégoire 1987". "Condensé d'une thèse intitulée "Effets de l'analyse conceptuelle sur la perception des mathématiques, de leur apprentissage et de leur enseignement chez les enseignants et enseignantes du primaire" et présentée à la Faculté des études supérieures de l'Université de Montréal en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph. D.)". "La publication de cette thèse a été rendue possible grâce à une subvention du Fonds F.C.A.R.". Code: TH006.
Bibliogr.: p. 303-312.

ISBN 2-920298-57-7

Vedette(s)-secondaire(s): Université de Montréal. Vice-décanat aux études supérieures et à la recherche

---

Descripteur(s): Mathématiques * Formation des enseignants * Perfectionnement des enseignants * Méthode de formation * Didactique * Primaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de nom: Bergeron, Jacques C * Herscovics, Nicolas

---

Quatre problèmes affectent la didactique des mathématiques: 1. l'insistance souvent vive et prématurée sur le symbolisme; 2. l'influence trop grande du formalisme; 3. la présence envahissante des théories d'apprentissage; 4. la centration sur les réponses des élèves. Ces problèmes exigent une nouvelle approche dans la formation et le perfectionnement des maîtres. Cette approche renouvelée est centrée sur l'analyse de concepts mathématiques à l'aide d'un modèle de la compréhension, le modèle constructiviste de Herscovics et Bergeron. Ce modèle a été expérimenté dans un cours offert à un groupe de maîtres en perfectionnement à l'Université de Montréal. Ces personnes, de même qu'un groupe témoin, ont été soumises à des tests et questionnaires écrits afin de voir si leurs perceptions avaient effectivement changé. Six enseignants de chaque groupe ont participé à des entrevues. Les résultats amènent à conclure à une réelle influence du cours expérimental sur les conceptions et les perceptions des gens qui l'ont suivi: le groupe expérimental se révélant plus constructiviste ou mieux articulé dans ses convictions constructivistes.

Type de document: r

EDUQ
8870804

LES PUBLICATIONS DE LA
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

PRIX GRÉGOIRE 1987

VERS UN RENOUVELLEMENT DE LA FORMATION ET DU PERFECTIONNEMENT DES MAÎTRES DU PRIMAIRE: LE PROBLÈME DE LA DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES

JEAN J. DIONNE

Condensé d'une thèse intitulée *Effets de l'analyse conceptuelle sur la perception des mathématiques, de leur apprentissage et de leur enseignement chez les enseignants et enseignantes du primaire* et présentée à la Faculté des études supérieures de l'Université de Montréal en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.)

Cette thèse s'est méritée le Prix Grégoire offert par Madame Jeanne Grégoire, docteur honoris causa de l'Université de Montréal, décerné par la Faculté des sciences de l'éducation à la meilleure thèse présentée au cours de l'année 1986.

La publication de cette thèse a été rendue possible grâce à une subvention du Fonds F.C.A.R.

Dépôt légal: 3e trimestre 1988
Bibliothèque nationale du Canada
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-920298-57-7

Université de Montréal
Faculté des sciences de l'éducation
Vice-décanat aux études supérieures et à la recherche

Comité des publications de la Faculté des sciences de l'éducation
Arlène Chené, vice-doyenne aux études supérieures et à la recherche
Jean Gaudreau
André Lefebvre
Guy Pelletier, président

Secrétaire administrative: Marie Paule Rouleau
Dactylographie: Josée Pasquini

Vice-décanat aux études supérieures et à la recherche
Faculté des sciences de l'éducation
Université de Montréal
C.P. 6128, succursale A
Montréal (Québec)
H3C 3J7

Tél.: (514) 343-5887

À messieurs Jacques C. Bergeron de l'Université de Montréal et Nicolas Herscovics de l'Université Concordia, je veux exprimer ma reconnaissance pour le soutien éclairé, la rigueur scientifique, le sens critique qui appelle au dépassement et le dévouement dont ils m'ont généreusement fait profiter comme co-directeurs de cette recherche.

Ma reconnaissance s'adresse également à madame Nicole Nantais qui a consenti à animer le groupe expérimental et dont les suggestions et remarques ont été, à maintes reprises, des occasions de progrès dans ce travail.

Un grand merci aussi à madame Élise Gaudreau et monsieur Jacques Désautels qui, à de multiples reprises, ont su susciter le doute au milieu de trop grandes certitudes ou apporter quelqu'assurance lorsque le doute devenait paralysant.

Un merci sincère également à madame Luce Gignac, preuve vivante que des discussions avec une personne qui n'est pas "du métier" sont souvent éclairantes et qui a apporté une aide précieuse au chapitre de la rédaction et de la correction des textes.

Il ne faudrait pas oublier les enseignants et enseignantes qui ont accepté de servir de sujets à cette recherche: ce sont des gens d'une probité intellectuelle et d'une conscience professionnelle qui méritent un profond respect.

Merci enfin à l'ensemble des gens du Québec qui, sans le savoir, ont financièrement contribué à la réalisation de cette recherche par le biais de bourses et subventions apportées par le Conseil de la Recherche en Sciences Humaines (CRSH) et le Ministère de l'Éducation du Québec (subventions FCAC EQ-1741).

TABLE DES MATIERES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	xiii
SOMMAIRE	xvii
INTRODUCTION	xxi
CHAPITRE I: PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHESES	1
Quatre problèmes majeurs en didactique des mathématiques	3
Quatre problèmes liés à leurs sources	6
Modes de perpétuation de ces problèmes	8
L'époque traditionnelle (avant 1960)	12
Les mathématiques modernes (1955-1975)	14
Le retour aux habiletés de base (back to basics)	19
Des espoirs de solutions?	24
Le rôle central des enseignants et enseignantes	26
Coup d'oeil sur la formation des maîtres du primaire	29
Le manque d'intégration des composantes de la formation des maîtres	37
Une expérience exploratoire	41
Hypothèse de notre travail	48

CHAPITRE II: RETOUR SUR L'ÉTUDE EXPLORATOIRE 49

Place de l'étude exploratoire 51

Buts de l'étude exploratoire 51

Premières conclusions 52

1.- Assimilation et utilisation du modèle par les maîtres 52

2.- Méthode d'évaluation 53

Quelques autres résultats 55

Vers la présente recherche 57

Quelques anxiétés générées par l'expérience 59

Le problème de l'évaluation de la compréhension 60

La mini-entrevue 62

Problèmes liés au modèle de la compréhension 67

1.- Le modèle du tétraèdre de Byers et Herscovics 69

2.- Le modèle hybride 70

3.- Critique du modèle hybride 71

4.- Le modèle constructiviste de Bergeron et Herscovics 73

En guise de conclusion 75

CHAPITRE III: CADRE THÉORIQUE 77

Regard sur la philosophie et la pratique des mathématiques 81

Conception philosophique et didactique des mathématiques 86

Regard sur les théories d'apprentissage 91

1.- Les théories behavioristes 93

2.- Critique du behaviorisme 96

3.- Les théories constructivistes 100

4.- Une différence de perspective 104

Philosophie des mathématiques et théories d'apprentissage 108

CHAPITRE IV: PLAN EXPÉRIMENTAL, MÉTHODE ET PLAN D'ANALYSE 109

Description générale 111

Méthode 115

1.- Sélection des sujets 115

2.- Organisation du cours expérimental 117

2.1 Choix du professeur 117

2.2 Description du cours 118

2.3 Déroulement des activités 119

3.- Les instruments pour l'évaluation de l'expérience 121

3.1 Le test de correction 123

3.2 Le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires 130

3.3 L'entrevue semi-standardisée 138

3.3.1 Première partie de l'entrevue: l'intuition 142

3.3.2 Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés 144

3.3.3 Troisième partie de l'entrevue: découverte et définitions 149

3.3.4 Quatrième partie de l'entrevue: l'erreur 152

Plan d'analyse 155

1.- Plan d'analyse des réponses au test de correction 155

2.- Plan d'analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires 158

3.- Étude des cas des enseignantes soumises aux entrevues 160

3.1 Pourquoi des études de cas? 160

3.2 Méthode utilisée pour les études de cas 161

CHAPITRE V: ANALYSE DES RÉPONSES AU TEST DE CORRECTION ET AU QUESTIONNAIRE SUR LA PERCEPTION DES MATHÉMATIQUES SCOLAIRES 165

Analyse des réponses au test de correction 167

1.- Les copies de Manuelle et de Nicole: bon raisonnement et bonne réponse (type 1) 168

1.1 Le groupe témoin 169

1.2 Le groupe expérimental 172

1.3 Le cas E.13 173

1.4 Les autres cas 175

1.5 Comparaison entre les groupes expérimental et témoin 177

1.6 Points à retenir de l'analyse des copies de type 1 178

2.- Les copies d'André et de Sylvain: bonne réponse sans trace du raisonnement (type 2) 179

3.- Les copies d'Isabelle et de Jean: mauvais raisonnement, bonne réponse (type 3) 183

4.- Les copies de Marc et de Renée: bon raisonnement et mauvaise réponse (type 4) 187

5.- Résumé-conclusion de l'analyse des réponses au test de correction 190

Analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires 195

1.- Le groupe témoin 197

2.- Le groupe expérimental 203

3.- Comparaison entre les groupes expérimental et témoin 212

4.- Regard critique sur le questionnaire et l'analyse des réponses 214

5.- Conclusion de l'analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires 217

CHAPITRE VI: DOUZE ÉTUDES DE CAS 219

Sujet expérimental numéro 2: E.06 225

Le test de correction 225

1.- Problème de géométrie 226

2.- Problème d'arithmétique 228

Le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires 230

L'entrevue 231

1.- Intuition 231

1.1 Définition/description de l'intuition 231

1.2 Place de l'intuition dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques 232

2.- Compréhension et habiletés 234

2.1 Importance de la compréhension 234

2.2 Définition/description de la compréhension 235

2.3 Définition/description des habiletés 236

2.4 Rapports entre habiletés et compréhension 237

3.- Découverte et définitions 239

3.1 Enseignement par la découverte 239

3.2 Enseignement par définitions 240

4.- L'erreur 241

4.1 Rôle et place de l'erreur 241

Résumé-conclusion 242

1.- Perception des mathématiques et de l'enseignement/apprentissage en mathématiques 242

1.1 Raisonnement versus réponse (test de correction) 243

1.2 Perception des mathématiques scolaires (questionnaire) 243

1.3 Conception de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques (entrevue) 243

2.- Évolution des perceptions 245

Conclusion sur les études de cas 249

1.- Les six sujets témoins 249

2.- Les six sujets expérimentaux 255

CHAPITRE VII: RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS 263

1.- Problématique, problèmes abordés, approche expérimentale et outils d'évaluation: un résumé 266

1.1 Quatre problèmes majeurs en didactique des mathématiques 266

1.2 Éléments nécessaires à la solution des problèmes décrits 267

1.3 Une approche renouvelée de la formation mathématique des maîtres du primaire 270

1.4 Les hypothèses de la recherche 273

1.5 L'expérimentation 273

1.6 Les outils d'évaluation 274

1.7 Esquisse des modalités d'analyse 275

2.- Les conclusions expérimentales 277

2.1 Le test de correction 278

2.2 Le questionnaire sur les mathématiques scolaires 281

2.3 Les études de cas avec entrevues 283

2.3.1 Les sujets témoins 283

2.3.2 Les sujets expérimentaux 286

2.4 Retour sur nos trois conclusions principales 289

3.- Regard critique sur la méthode de recherche 290

3.1 Les outils d'évaluation 290

3.1.1 Le test de correction 291

3.1.2 Le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires 292

3.1.3 L'entrevue 293

3.2 Considérations diverses sur l'expérience réalisée 294

4.- Les implications pour la recherche 296

5.- Les implications pédagogiques de la présente recherche 298

BIBLIOGRAPHIE 301

PUBLICATIONS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION 313

LISTE DES TABLEAUX

No		Page
1.	Niveau de formation des enseignants en certaines matières	31
2.	Niveau de formation mathématique selon le sexe	33
3.	Temps écoulé depuis le dernier cours post-secondaire suivi en certaines matières par les maîtres du primaire	34
4.	Feuille de directives pour le test de correction	124
5.	Copies des élèves fictifs ayant répondu au problème de géométrie (test de correction)	125
6.	Copies des élèves fictifs ayant répondu au problème d'arithmétique (test de correction)	127
7.	Feuille que les enseignantes pouvaient utiliser pour justifier leurs corrections	129
8.	Partie supérieure du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires Énoncés descripteurs des perceptions traditionaliste (A), formaliste (B) et constructiviste (C)	133
9.	Partie inférieure du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires (Première version: perception des mathématiques étudiées)	135
10.	Partie inférieure du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires (Version ajoutée au post-test: perception des mathématiques enseignées)	137
11.	Première partie de l'entrevue: l'intuition Première séquence: définition/description de l'intuition.	143
12.	Première partie de l'entrevue: l'intuition Deuxième séquence: place de l'intuition dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques	143
13.	Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés Première séquence: importance de la compréhension	146

14. Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés
Deuxième séquence: définition/description de la compréhension 147

15. Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés
Troisième séquence: définition/description des habiletés 148

16. Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés
Quatrième séquence: rapports entre habiletés et compréhension 148

17. Troisième partie de l'entrevue: découverte et définitions
Première séquence: enseignement par la découverte 150

18. Troisième partie de l'entrevue: découverte et définitions
Deuxième séquence: enseignement par définitions 151

19. Quatrième partie de l'entrevue: l'erreur
Rôle et place de l'erreur 154

20. Notes attribuées aux copies de type 1:
bon raisonnement, bonne réponse 170

21. Notes attribuées aux copies de type 2:
bonne réponse sans le raisonnement 181

22. Notes attribuées aux copies de type 3:
mauvais raisonnement, bonne réponse 185

23. Notes attribuées aux copies de type 4:
mauvaise réponse, bon raisonnement 189

24. Réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires (groupe témoin) 197

25. Nombre de notes haussées, inchangées et abaissées entre le pré-test et le premier post-test pour chacun des groupes d'énoncés [Groupe témoin (n =15)] 200

26. Moyenne des points attribués à chacun des groupes d'énoncés par les sujets témoins (n = 15) 201

27. Réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires (groupe expérimental) 204

28. Moyenne des points attribués à chacun des groupes d'énoncés par les sujets expérimentaux (n = 18) 206

29. Nombre de notes haussées, inchangées et abaissées entre le pré-test et le premier post-test pour chacun des groupes d'énoncés [Groupe expérimental (n = 18)] 209

30. Nombre de notes haussées, inchangées et abaissées entre le pré-test et le second post-test pour chacun des groupes d'énoncés (Groupe expérimental (n = 18)) 211

31. Correction du problème de géométrie
Sujet expérimental numéro 2: E.06 227

32. Correction du problème d'arithmétique
Sujet expérimental numéro 2: E.06 229

33. Réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires
Sujet expérimental numéro 2: E.06 230

SOMMAIRE

Quatre problèmes ont affecté et affectent encore, de façon chronique, la didactique des mathématiques:

- l'insistance souvent vive et prématurée sur le symbolisme,
- l'influence trop grande du formalisme,
- la présence envahissante des théories d'apprentissage,
- la centration d'un grand nombre de maîtres sur les réponses de leurs élèves.

Ces problèmes ont traversé temps et réformes pour parvenir jusqu'à nous: il faut donc chercher ailleurs que dans une transformation des programmes la clef de leur solution. Or ces problèmes sont intimement liés aux visions philosophiques de la nature des mathématiques et aux conceptions de l'apprentissage. Aussi sont-ce ces visions et conceptions qu'il faut avant tout faire évoluer pour améliorer la situation. À cet égard, les enseignants et enseignantes deviennent des cibles à privilégier puisque, d'une part, ils et elles sont les artisans véritables de l'enseignement des mathématiques et donc le pivot de tout renouvellement authentique et que, d'autre part, ils et elles ont été des personnes négligées des réformes, n'ayant que rarement reçu le perfectionnement nécessaire alors que leur formation de base s'est avérée le plus souvent insuffisante et mal adaptée. Une nouvelle approche de leur préparation apparaît donc comme un élément nécessaire à la solution espérée.

C'est une telle approche renouvelée qui a été mise à l'essai dans ce travail. Cette approche est centrée sur l'analyse de concepts mathématiques à l'aide d'un modèle de la compréhension, le modèle constructiviste de Herscovics et Bergeron (1982b), et permet l'intégration des aspects épistémologique et psycho-pédagogique à l'aspect plus spécifiquement mathématique pour ainsi amener, c'est là notre hypothèse, une perception plus constructiviste de la discipline mathématique d'une part et de l'apprentissage des mathématiques d'autre part.

Cette hypothèse a été mise à l'épreuve dans un cours offert à un groupe de maîtres en perfectionnement à l'Université de Montréal. Ces personnes, de même qu'un groupe de sujets témoins, ont été soumises, au début puis à la fin de l'expérience, à des tests et questionnaires écrits afin de voir si leurs perceptions avaient effectivement changé. De plus, six enseignantes de chacun des groupes, expérimental et témoin, ont accepté de répondre à des entrevues, nous permettant ainsi de mener douze études de cas.

Les analyses des réponses aux tests, questionnaires et entrevues, analyses plus qualitatives que quantitatives et où importait d'abord la mise en évidence d'indications convergentes, nous ont amené à conclure à une réelle influence du cours expérimental sur les conceptions et perceptions des gens qui l'ont suivi. Ces perceptions ont évolué dans le sens attendu, les enseignantes du groupe expérimental se révélant ou plus constructivistes qu'elles ne l'étaient, ou mieux articulées dans leurs convictions constructivistes après le cours expérimental alors que les quelques changements relevés chez les sujets témoins se sont avérés beaucoup plus faibles et isolés. Comme prévu cependant, les évolutions observées ne sont pas apparues comme des bouleversements radicaux, d'abord parce que les sujets se sont souvent montrés plutôt constructivistes dès le départ, et ensuite parce qu'un réel changement de perception se présente toujours plus comme un processus que comme un événement subit.

Cette recherche peut être considérée comme un apport aux connaissances existantes de plusieurs points de vue:

- par son amplitude d'abord puisque non seulement y brosse-t-on un portrait détaillé de la didactique des mathématiques et de son évolution mais on y présente également les grandes philosophies des mathématiques et les grandes théories d'apprentissage pour mettre en lumière leur influence sur cette didactique;

- par sa méthode ensuite puisque, au plan expérimental, des outils originaux permettant de cerner les perceptions des maîtres ont été élaborés et testés; de plus, autre originalité, l'utilisation simultanée de ces outils très différents les uns des autres permet la recherche d'indications convergentes qui peuvent ainsi se valider mutuellement;

- par ses conclusions enfin qui devraient conduire à une formation mieux adaptée des maîtres du primaire, formation où les concepts mathématiques sont considérés en même temps aux plans épistémologique et pédagogique. Cette intégration d'aspects divers devrait permettre de solutionner, au moins en partie, les problèmes mentionnés au départ de ce texte en mettant l'accent sur la manière dont les concepts sont connus et compris.

INTRODUCTION

Cet ouvrage est un condensé d'une volumineuse thèse de doctorat dont le titre original est Effet de l'analyse conceptuelle sur la perception des mathématiques, de leur apprentissage et de leur enseignement chez les enseignants et enseignantes du primaire (Dionne, 1986). Il se veut d'abord un regard aussi large et profond que possible sur la didactique des mathématiques et sur son évolution. On relèvera, au départ du premier chapitre, quatre des principaux problèmes qui affectent cette discipline:

- l'insistance souvent vive et prématurée sur le symbolisme mathématique,
- l'influence trop grande du formalisme,
- la présence envahissante des théories behavioristes d'apprentissage,
- la centration d'un grand nombre d'enseignants et d'enseignantes sur les réponses de leurs élèves.

Ces problèmes serviront de fil conducteur pour brosser, toujours au premier chapitre, un tableau de l'évolution de l'enseignement des mathématiques depuis les années cinquante jusqu'à aujourd'hui; nous ferons ressortir les grands courants de pensée qui ont dominé chacune des époques de cette évolution, les idées à la base des différentes réformes effectuées de même que les influences qui ont marqué ces réformes. Nous verrons comment, malgré tous les efforts d'amélioration, les problèmes sont demeurés: sans doute parce qu'ils sont fondamentaux et tiennent à la nature même des mathématiques et à la perception qui en est véhiculée tout autant qu'aux conceptions de l'apprentissage en général et de l'apprentissage des mathématiques en particulier. D'où une hypothèse

générale qui veut que ce soit sur ces perceptions et conceptions qu'il faille agir pour voir la situation s'améliorer.

Mais comment et surtout chez qui atteindre ces perceptions? De toutes les cibles, les enseignants et enseignantes constituent de loin la meilleure: non que ces gens soient plus mal en point que d'autres mais parce que leur rôle est fondamental et leur influence, primordiale. Toujours au chapitre premier, nous mettrons en lumière ce rôle et cette influence avant de regarder comment les maîtres ont été préparés à assumer leur tâche. Si, jusqu'à ce moment, nous aurons considéré les problèmes de manière générale, à partir de là, nous nous limiterons de plus en plus à leur étude au niveau primaire, celui où il est sans doute le plus logique de réagir d'abord: c'est le niveau de base, celui du premier contact systématique avec les mathématiques, celui où l'enfant se bâtit sa première conception de la discipline mathématique. Il faut donc nous assurer que cette conception soit la plus stimulante, la plus fructueuse possible dès le départ plutôt que de chercher à la corriger par la suite.

C'est donc sur la préparation des maîtres du primaire que nous allons concentrer notre attention: nous verrons alors comment, par ses insuffisances et son éparpillement, cette formation mathématique des maîtres du primaire n'a guère aidé à régler les problèmes, amenant plutôt les maîtres à les perpétuer. D'où la nécessité d'agir à ce niveau: c'est là qu'interviendront certains résultats d'une étude exploratoire qui a conduit à la mise au point d'une approche renouvelée de la formation des maîtres, approche qui permet l'intégration des aspects psychologique, pédagogique et épistémologique à l'aspect plus spécifiquement mathématique. Suivant l'hypothèse qui viendra clore le premier chapitre et que nous voulons mettre à l'épreuve dans cette thèse, cette approche permettrait de modifier les perceptions des mathématiques et de l'apprentissage chez les maîtres du primaire. Ces modifications sont, croyons-nous, des éléments nécessaires à la solution des problèmes mentionnés au départ.

Dans le chapitre II, nous reviendrons sur l'étude exploratoire évoquée plus haut car son importance s'est avérée primordiale tout au long des travaux qui ont conduit à cette thèse. Cette étude exploratoire constituant déjà une recherche en elle-même, nous en exposerons d'abord les buts et la méthode, insistant sur les grandes caractéristiques de cette dernière puisqu'elles ont été déterminantes dans les choix méthodologiques qui, par la suite, ont été les nôtres pour le présent travail. Nous présenterons ensuite rapidement les résultats obtenus, d'abord ceux ayant trait aux objectifs même alors poursuivis, puis les autres, ceux qui ont pu être observés sans être attendus: ce sont ces résultats empiriques, portant sur les conceptions et perceptions des enseignants et enseignantes, qui ont amené l'hypothèse scrutée dans la présente thèse.

C'est au cours de cette étude exploratoire que l'approche avec les maîtres a été mise au point. Nous profiterons donc de l'occasion pour décrire en détails cette approche de la formation, tant dans son esprit que dans sa pratique. Les principaux éléments sur lesquels elle s'appuie, le modèle constructiviste de compréhension et la mini-entrevue, seront également présentés: du premier, nous raconterons brièvement l'histoire, depuis ses "ancêtres" jusqu'à la version actuelle; quant à la seconde, nous la décrirons en insistant sur les principes ayant présidé à sa création et sur les règles à respecter lors de son utilisation.

L'étude exploratoire a également été l'occasion de recherches et réflexions sur les sources et fondements des diverses perceptions des mathématiques et de leur apprentissage rencontrées dans le monde de l'éducation. Les résultats de ces recherches et réflexions seront exposés au chapitre III car ils sont essentiels pour comprendre la nature même des conceptions étudiées et leurs éventuelles transformations. Dans un premier temps, nous scruterons les diverses philosophies des mathématiques car ces doctrines philosophiques sont à la base même de l'image de la discipline et à l'origine de plusieurs des problèmes mentionnés plus haut. Bien sûr, ces philosophies sont rarement bien connues des enseignants et enseignantes mais, malgré les visions plutôt floues que ces

personnes en ont, ces courants de pensée demeurent, nous le verrons, des facteurs décisifs dans les choix didactiques posés et dans les attitudes et comportements entourant ces choix. Ainsi peut-on voir l'influence du formalisme dans la recherche souvent exagérée de la précision du vocabulaire et dans les exigences de rigueur lors de présentations de déductions alors que les aspects intuitifs sont trop souvent négligés. Ceci traduit et/ou amène une perception fausse de la discipline mathématique qui apparaît alors, avec son organisation rigide, comme un lieu de contraintes et non de liberté et de création.

Cette brève présentation de l'influence des principales doctrines philosophiques sera complétée, dans un second temps, par un coup d'oeil rapide sur la pratique véritable de la discipline, coup d'oeil qui nous permettra d'abord de mieux juger de la valeur réelle de ces grands courants. Ce sera aussi l'occasion de mettre l'accent sur l'aspect processus d'une mathématique dynamique où chaque concept n'apparaît pas achevé à la conscience de la personne qui l'invente ou le découvre: celle-ci l'élabore par étapes, à partir de ses intuitions de départ jusqu'à la formalisation finale, chacune de ces étapes devant être considérée comme mathématique. Nous trouverons là les fondements d'une vision épistémologique de la discipline mathématique, vision particulièrement stimulante pour le monde de l'éducation, surtout si l'on considère que, loin d'être des objets à recevoir tout achevés, les concepts mathématiques sont, pour l'enfant qui apprend tout autant que pour le ou la spécialiste qui les crée, des constructions à élaborer.

Ceci nous amène naturellement à jeter un coup d'oeil, toujours dans le chapitre III, sur les différentes théories d'apprentissage qui ont marqué et marquent encore l'enseignement des mathématiques: ici, deux grands courants s'affrontent, le behaviorisme et le constructivisme. Nous les présenterons à tour de rôle, faisant ressortir leurs principales caractéristiques, les grands principes sur lesquels ils s'appuient et les conséquences pratiques d'une adhésion à ces principes. Le behaviorisme étant le courant qui a le plus longtemps dominé et domine encore le plus

souvent, nous serons particulièrement attentifs à mettre en lumière les problèmes qui résultent de cette domination pour ensuite expliquer en quoi et pourquoi la perspective constructiviste nous apparaît comme une alternative valable, une solution potentiellement heureuse à ces problèmes.

Puis on abordera la partie expérimentale de la thèse. Au chapitre IV, on trouvera tous les détails du plan expérimental et de la méthodologie. Après une rapide présentation de l'organisation générale de l'expérience, viendra un bref exposé sur la manière dont le choix des sujets des groupes expérimentaux et témoins de même que celui de l'animatrice du groupe expérimental ont été effectués. Suivra une description du déroulement des activités puis une présentation des outils d'évaluation. Ces outils sont au nombre de trois:

- un test visant à déterminer à quoi les maîtres attachent de l'importance lors de la correction de travaux d'élèves;

- un questionnaire écrit portant sur leur conception des mathématiques;

- une entrevue où l'on cherchera à cerner leur perception de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques en abordant des thèmes comme l'intuition, la compréhension, les habiletés, la découverte, l'erreur...

Les deux premiers outils seront utilisés avec l'ensemble des sujets des groupes expérimental et témoin alors que le troisième, beaucoup plus élaboré, servira à mener douze études de cas, six auprès de sujets expérimentaux et autant auprès de sujets témoins.

Chaque outil sera décrit avec un maximum de détails, autant au niveau des principes qui ont guidé sa conception qu'au niveau de ceux

régissant son utilisation: nous exposerons les choix qui ont dû être posés de même que les raisons motivant ces choix.

Le chapitre se terminera par la présentation du plan d'analyse des réponses. Ces analyses se feront en plusieurs temps: on s'attachera d'abord aux réponses obtenues du test et du questionnaire pour ensuite passer aux études de cas. Compte tenu de la nature particulière des objets de cette recherche, deux éléments majeurs peuvent caractériser les analyses qui seront menées:

- elles seront surtout qualitatives car, si les aspects quantitatifs ne seront pas complètement écartés, il serait par contre ardu et peu signifiant de vouloir exprimer des perceptions et conceptions à l'aide des seules statistiques;

- les perceptions et conceptions demeurant par ailleurs toujours difficiles à cerner, les conclusions seront, autant que possible, appuyées sur la convergence des indications obtenues de chacun des outils plutôt que sur des indices plus isolés.

Ces analyses couvriront deux chapitres, le cinquième et le sixième de la thèse; dans le premier seront exposés les détails des analyses des réponses au test et au questionnaire administrés à l'ensemble des sujets au début puis à la fin de l'expérience. Dans le suivant, on trouvera les conclusions tirées des douze études de cas effectuées auprès des sujets qui ont accepté de se soumettre, aussi au début puis au terme de l'expérience, à l'entrevue mentionnée plus haut. Pour ces études de cas, non seulement utiliserons-nous les réponses fournies aux questions de l'entrevue mais nous reviendrons également sur le test et le questionnaire: c'est là que la recherche de convergences prendra son sens le plus fort.

Un dernier chapitre viendra clore le travail: on y résumera d'abord l'essentiel de la problématique et y rappellera les hypothèses

mises à l'épreuve ainsi que la façon dont ces hypothèses ont été testées. Puis on présentera l'ensemble des conclusions expérimentales et une critique des outils et de la méthodologie de l'expérimentation. Viendront enfin les recommandations pour des recherches futures et une discussion des implications pédagogiques qui se dégagent des conclusions retenues.

CHAPITRE PREMIER

PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES

Quatre problèmes majeurs en didactique des mathématiques

De tous ceux qui affectent la didactique des mathématiques, quatre problèmes s'avèrent particulièrement chroniques et ardus, sans doute parce qu'ils touchent des questions fondamentales reliées à la nature des mathématiques elles-mêmes, aux philosophies qui sous-tendent cette discipline, à l'épistémologie ainsi qu'aux théories d'apprentissage. Même si on les rencontre à tous les niveaux de l'enseignement et si la première description que nous en donnons se veut très générale, nous nous limiterons par la suite à l'étude de ces problèmes dans leurs manifestations au niveau primaire ainsi que nous l'avions annoncé en introduction.

On s'accorde généralement à reconnaître le caractère abstrait des mathématiques. Ainsi, qu'elle soit décrite comme modélisation du réel ou comme étude de structures axiomatiques, l'activité mathématique doit-elle habituellement s'appuyer sur une écriture, exige le recours à la symbolisation (NACOME, 1975). Cette nécessité de symboliser conduit malheureusement souvent - c'est le premier problème, rattaché celui-là à la nature de la discipline - à une insistance trop vive et prématurée sur la notation mathématique, au point de bien souvent la priver de sens véritable (Ginsburg, 1977; Erlwanger, 1973, 1975). Les mathématiques risquent alors de se voir réduites à une écriture et à des manipulations de symboles: leur contenu, les notions mathématiques, est confondu avec un ensemble de signes alors que l'on méprend la manipulation correcte de ces signes pour la compréhension des transformations mathématiques qu'elle exprime.

S'il existe depuis toujours, ce problème d'un accent trop vivement porté sur les symboles et leur manipulation s'est vu aggravé par l'influence très grande du formalisme, grande au point que nous la reconnaissions comme second problème, de nature philosophique cette fois. L'école de pensée formaliste qui, au cours du dernier demi-siècle et jusqu'à il y a peu, a dominé l'univers mathématique, insiste, ainsi que le laisse deviner son nom, sur le caractère formel de la discipline

(Dionne, 1982a). Dans le monde de l'éducation, cela se traduit non seulement au niveau de la symbolisation mais également dans une recherche souvent exagérée de la précision du vocabulaire et de la rigueur de l'expression avec lesquelles on confond fréquemment la compréhension des concepts abordés. La philosophie formaliste a aussi inspiré le recours à une approche logico-déductive des concepts mathématiques. Autrefois réservé à l'étude de la géométrie, en particulier au niveau des preuves où l'on conservait tout de même l'intuition visuelle, ce mode de présentation s'est répandu dans l'ensemble de l'enseignement des mathématiques, prenant à certains moments une importance considérable. Il a cependant le tort, rapporte Skemp (1971) de confondre les approches logique et psychologique, la première visant à convaincre ceux qui doutent, l'autre à asseoir la compréhension; en outre, il ne fournit que le produit final de la découverte mathématique, négligeant les chemins de cette découverte. Il enseigne, conclut Skemp, une pensée mathématique mais non les processus de la pensée mathématique. En somme, l'approche formaliste présente à l'élève la réflexion mathématique sous la forme statique de résultats achevés sans en révéler les aspects dynamiques, clefs de l'invention ou de la réinvention.

Le troisième problème présente un caractère nettement épistémologique puisqu'il touche les conditions mêmes de l'acquisition des connaissances. Dans ce champ de l'épistémologie, plusieurs courants s'affrontent: parmi ceux-ci, les théories behavioristes présentent la connaissance surtout comme le produit des influences du milieu alors que les constructivistes la conçoivent plutôt, suivant la pensée de Piaget, comme le développement de schèmes ou structures dont l'élaboration émerge de l'interaction du sujet et de son environnement. Pour les constructivistes, la connaissance résulte donc de l'activité du sujet qui construit ou reconstruit intérieurement l'objet de connaissance alors que pour les behavioristes, Thorndike, Skinner, Gagné par exemple, la connaissance se ramène davantage à l'acquisition par le sujet, de "réponses" à des stimuli externes. Ces deux courants épistémologiques conduisent à des approches très différentes de l'enseignement et de l'apprentissage. Ainsi, dans la perspective behavioriste, l'accent est

davantage porté sur la transmission des connaissances que sur leur construction: on aborde les notions fondamentales en s'appuyant sur des définitions, en présentant un certain nombre d'exemples et en proposant quantité d'exercices, jusqu'à ce que les élèves arrivent à des comportements conformes à ceux généralement admis dans et par la discipline. Dans ces conditions, l'ensemble des connaissances à acquérir - cela est particulièrement évident lorsqu'elles sont décrites sous forme d'objectifs - apparaît essentiellement comme une liste d'habiletés, de savoir-faire à maîtriser: or, comme l'a démontré Erlwanger (1973, 1975), un programme basé uniquement sur les habiletés et ignorant les schèmes conceptuels qui les sous-tendent, peut conduire l'enfant à s'inventer une foule de règles idiosyncratiques. Par contre, une démarche constructiviste incitera l'enfant à bâtir lui-même ses connaissances en s'appuyant sur ce qu'il connaît déjà, ce qui assure une continuité de ses savoirs. Et comme la notion de construction est alors associée à celle de structuration, les habiletés se présentent à la fois comme aboutissement de schèmes conceptuels qui leur donnent un sens et comme éléments pouvant contribuer au développement de ces schèmes.

Les trois questions précédemment abordées touchant respectivement la nature des mathématiques, les tendances formalistes et les théories behavioristes de l'apprentissage, ne sont pas étrangères à l'émergence d'un problème d'ordre pédagogique: la centration d'un grand nombre d'enseignants et d'enseignantes sur les réponses de leurs élèves. Ces réponses deviennent souvent les seuls critères sur lesquels on s'appuie pour juger à la fois de la compréhension et du savoir-faire des enfants. Une bonne réponse peut pourtant émerger d'une démarche erronée alors qu'au plan pédagogique, une erreur n'est pas seulement une réponse condamnable: au lieu de la rectifier sans davantage la considérer, il importe de s'intéresser à ce qu'elle cache, à sa logique interne, au conflit conceptuel qu'elle peut manifester tout comme il importe de s'interroger également sur les processus de pensée qui ont amené l'enfant à une bonne solution. Une pédagogie qui s'arrête à la seule production de bonnes réponses poussera bien souvent l'enfant à apprendre par coeur une foule de règles qu'il ou elle ne peut justifier ni même s'expliquer: simplement

parce que son expérience lui dit que les bonnes réponses, fournies rapidement par ces règles, sont récompensées (Carpenter et al., 1981) ou, suivant l'expression des behavioristes, renforcées. Malheureusement, ces règles risquent de demeurer des atomes de connaissance éparpillés et leur nombre peut rapidement dépasser les limites de la mémoire. Et puis, comment l'application mécanique de ces seules règles à des situations bien spécifiques pourrait-elle développer la créativité, engendrer un esprit d'invention suffisant pour permettre d'affronter des situations nouvelles ou, d'une façon plus globale, amener une véritable évolution des connaissances de l'individu?

Quatre problèmes liés à leurs sources

Cette centration des maîtres sur les bonnes réponses des élèves provient d'abord, avons-nous annoncé, de la nature même des mathématiques ou, plus précisément, de la nature traditionnellement reconnue à la mathématique dans le monde scolaire: si l'on excepte la période dite des mathématiques modernes, c'est l'aspect modélisation du réel qui a surtout dominé dans la mesure où l'on y a avant tout considéré les mathématiques comme un outil donnant un pouvoir véritable sur ce réel. Or le propre d'un bon outil, c'est son efficacité dont on juge d'abord à partir des résultats qu'il permet d'obtenir. En ce sens, les règles et algorithmes, s'ils ne constituent pas des modèles de la réalité au sens habituel du terme, n'en demeurent pas moins des outils intéressants car, relativement simples à acquérir ou à faire acquérir, du moins sous forme d'automatismes, ils sont susceptibles de fournir rapidement des résultats pratiques très satisfaisants. Ces résultats deviennent alors le critère ultime permettant de juger à la fois de la valeur de l'instrument et de l'habileté acquise par la personne qui le manipule.

Mais cette perception des mathématiques comme outil n'est pas seule cause de la centration des maîtres sur les réponses. De même que ce problème n'est pas le seul point de convergence des sources de difficultés énumérées. Car si le problème d'une symbolisation souvent prématurée provient d'une part de la nature abstraite des mathématiques, la

philosophie formaliste ou plus précisément néo-formaliste (Dionne, 1982a) qui réduit les mathématiques à un jeu de combinaison de symboles manipulés suivant des règles arbitraires, n'y est certes pas étrangère. Comme elle n'est pas étrangère à la confusion entre forme et contenu puisque, ultimement, elle fait de la mathématique une forme sans contenu, l'interprétation des symboles manipulés, la signification qu'on peut leur attribuer, étant repoussées vers ce que l'on appelle la méta-mathématique. Dans la mesure où, dans leur conception de la discipline mathématique, les maîtres adhèrent ou se laissent inspirer par cette vision philosophique, ils ou elles accordent plus d'importance aux aspects syntaxiques de la mathématique qu'à ses aspects sémantiques: cela peut se traduire, entre autre, par un enseignement de "règles sans raisons" comme les décrit Skemp (1976), règles dont la seule justification est leur efficacité à produire de bonnes réponses. Celles-ci deviennent là encore, l'objectif ultime et le critère d'évaluation des connaissances et habiletés.

Enfin, cette centration des maîtres sur les réponses de leurs élèves est aussi le fait des théories behavioristes de l'apprentissage: surtout si par "réponses", on entend tout autant réaction face à une situation ou un problème donné que valeur numérique obtenue d'une opération arithmétique par exemple. Une bonne réponse signifie ici à la fois juste reconnaissance de la règle à appliquer, utilisation correcte de cette règle et exactitude du résultat obtenu. L'enseignement des mathématiques, dans cette perspective behavioriste, s'apparente fort à un conditionnement, la matière apparait strictement comme un bagage de connaissances à transmettre, une collection de produits finis à accepter et utiliser comme ils sont. Cette orientation est, notons-le, accentuée par la nature de la discipline qui pousse à travailler très vite aux niveaux abstrait et formel: on néglige alors trop souvent les étapes préliminaires essentielles à une véritable reconstruction des notions.

Ces quelques remarques nous permettent de constater jusqu'à quel point la philosophie des mathématiques, la discipline mathématique elle-même et les théories d'apprentissage conjuguent leurs influences à la source des problèmes que nous avons brièvement décrits.

Modes de perpétuation de ces problèmes

Ces problèmes sont chroniques avons-nous dit, ayant marqué l'enseignement des mathématiques depuis le début du siècle, chacun s'y manifestant peut-être avec une acuité particulière et des modalités différentes suivant les périodes mais demeurant sans cesse présent sous une forme ou sous une autre. Comment ont-ils pu ainsi durer, quels véhicules leur ont permis de traverser temps et réformes pour ainsi parvenir jusqu'à nous? Deux véhicules principaux sont, selon toute vraisemblance, à la clef de cette perpétuation, véhicules entraînant dans leur sillage une foule d'autres éléments dont l'importance, si elle est moindre, n'est certes pas négligeable pour autant.

Ces deux véhicules principaux, sans lesquels on ne pourrait guère imaginer la pérennité de ces problèmes sont, d'une part, les programmes où, dans une large mesure, sont fixés à la fois les contenus de l'enseignement et les approches utilisées et, d'autre part, les enseignants et les enseignantes, véritables maîtres d'oeuvre de la formation mathématique donnée par l'école. À côté de ces facteurs sans lesquels ces problèmes n'auraient pu facilement persister jusqu'à aujourd'hui, d'autres éléments ont joué un rôle ou, à tout le moins, exercé une influence: pensons par exemple aux manuels scolaires ou encore à l'opinion des parents... Mais ces facteurs demeurent secondaires: soit par leur importance moindre ou encore parce que cette importance découle directement de l'importance des deux premiers facteurs mentionnés.

Le premier véhicule d'importance majeure est donc constitué des divers programmes d'enseignement des mathématiques qui se sont succédés à travers les époques et les réformes. La nature de ces programmes a pu varier suivant les endroits, depuis le programme-document officiel produit par un ministère de l'éducation jusqu'aux programmes plus informels, se résumant parfois au contenu d'un manuel ou d'une collection de manuels dont l'usage est suffisamment généralisé (Otte, 1979), comme la série SMP (School Mathematics Project) en Grande-Bretagne. Mais qu'elle qu'en soit la forme, ces différents

programmes qui manifestent, à des degrés divers, des tendances générales assez semblables (Colmez, 1979), émergent de sources dont la nature ne diffère guère d'un endroit à l'autre. La taxonomie de ces sources de programmes ou, plus globalement, de curriculum, varie quelque peu suivant les auteurs qui les ont analysées, soit d'un point de vue général (Taba, 1962), soit en s'attachant plus spécifiquement au domaine mathématique (Callahan et Glennon, 1975; Howson, 1979; Higginson, 1980; Robitaille et Dirks, 1982) mais on s'accorde à en reconnaître grosso modo trois types: les sources psychopédagogique, sociologique et disciplinaire, ici les mathématiques. Certains des auteurs mentionnés reconnaissent des sources autres, pédagogique ou technologique par exemple, mais on peut les considérer comme partie intégrante des trois grands types retenus ici.

La première de ces sources s'attache à la nature de la personne qui apprend en s'appuyant sur les théories épistémologiques et d'apprentissage; on s'y intéresse aux problèmes du développement cognitif, aux processus généraux de la pensée, aux approches pédagogiques, aux facteurs de motivation, etc. La nature de la société entourant cette personne constitue la seconde source: y sont définis les besoins et les attentes de la société de même que les besoins de l'individu pour vivre dans cette société; apparaissent ici les valeurs culturelles, les problèmes économiques, le développement de la technologie, etc. Quant à la source mathématique, elle joue un rôle non seulement au niveau de la description des contenus mais aussi, facteur plus important encore, de la conception de la discipline qui est véhiculée: en ce sens, cette troisième source est tout autant liée à la philosophie des mathématiques qu'à la discipline mathématique proprement dite. Ce rapide regard permet de mieux saisir pourquoi et comment les problèmes décrits ont trouvé un véhicule de premier ordre dans l'ensemble des programmes d'enseignement des mathématiques: quelques-unes des sources de ces derniers sont celles-là mêmes que nous avons reconnues à l'origine de ces problèmes.

Le second véhicule majeur de ces problèmes, ce sont les enseignants et les enseignantes: victimes d'une formation trop souvent

insuffisante et mal adaptée, ces personnes sont rarement en mesure de résister aux croyances et perceptions de leur époque et de leur milieu et encore moins d'aller à l'encontre de ces croyances et perceptions. Beltzner et al. (1977) le reconnaissent, les maîtres du primaire ont, dans nombre de cas, éprouvé des difficultés en mathématiques alors qu'ils ou elles étaient sur les bancs de l'école et plusieurs, ajoutent Robitaille et Dirks (1982) n'ont pratiquement reçu aucune formation académique en mathématiques dépassant le niveau de l'école secondaire. Or les programmes de formation des maîtres n'ont pas permis de pallier à ces manques car, rapportent encore Beltzner et al. (1977), on n'est pas arrivé à établir des programmes donnant à la plupart des enseignants et enseignantes une compréhension claire des mathématiques qu'ils ou elles auraient à enseigner. Avec comme résultat, constatent-ils, que "dans les écoles élémentaires, les instituteurs... ont aujourd'hui pour mission d'aider les écoliers à comprendre des choses qu'eux-mêmes n'ont jamais bien saisies" (p. 53). Ces programmes visent, il est vrai, à préparer des généralistes et se contentent, nous dit Gaulin (1978), de fournir, au plan mathématique, un peu de contenu et quelques notions de méthodologie; et, ajoute-t-il, tant au niveau de la formation initiale que dans le perfectionnement, les cours demeurent orientés vers le produit, délaissant les processus caractéristiques de l'activité mathématique. Ces déficiences de la préparation des maîtres, aussi reconnues par Freudenthal (1977), Colmez (1979), Revuz (1980), Bouvier (1981) et d'autres, permettent d'expliquer leur impuissance à régler et à dépasser les problèmes que nous avons décrits: ne trouvant que trop rarement dans leur formation les éléments susceptibles d'accroître suffisamment leurs connaissances et de modifier substantiellement leur conception de la mathématique et de son enseignement, ces maîtres demeurent bien souvent le reflet fidèle de leur époque et de ses croyances, tant au niveau de la discipline que de la didactique de cette discipline, véhiculant ce que l'on y trouve de bon sans hélas toujours parvenir à écarter l'indésirable.

Ces deux facteurs, programmes et maîtres, déjà importants lorsque pris séparément, le deviennent davantage lorsqu'on considère leur action cumulée: car les meilleurs maîtres, malgré toute la bonne volonté

et l'esprit d'initiative dont ils ou elles peuvent faire preuve, demeurent néanmoins soumis aux contraintes des programmes, tant au niveau des contenus que des approches. À l'inverse, le fait que la plupart des enseignants et enseignantes aient une formation mathématique dont le niveau n'est pas élevé freine les renouveaux significatifs ou atténue l'importance qu'ils pourraient avoir, reconnaît Colmez (1979) et il donne l'exemple des changements qui ont marqué les années soixante:

> dans bien des cas, non seulement les maîtres mais également les formateurs ont dû se recycler sur les nouveaux contenus ce qui, au début, a conduit à mettre beaucoup plus l'accent sur les contenus (principalement d'un point de vue structural) que sur les méthodes (Colmez, 1979, p. 23).

Plusieurs autres éléments viennent s'ajouter à ces deux véhicules privilégiés: nous avons par exemple mentionné l'influence des parents qui bien souvent résistent aux changements. Fréquemment membres de cette majorité de gens mal à l'aise dès qu'il est question de mathématiques (Beltzner et al., 1977) et craignant sans doute d'être incapables de suivre leurs enfants sur des voies nouvelles, ils préfèrent finalement les voir continuer à faire les mathématiques qu'eux-mêmes ont faites malgré les imperfections qu'ils leur reconnaissent. Ce qui explique "les réactions des parents... (qui, face aux changements)... évoluent de l'intérêt à la curiosité au début à une inquiétude et une opposition importante devant les premières réalisations" (Colmez, 1979, p. 25). Attitude qui n'aide certes pas à améliorer une situation. Le rôle des manuels dont nous avons aussi glissé un mot, n'est pas non plus négligeable. Souvent plus que par les programmes que parfois ils remplacent (Krigowska, 1979; Otte, 1979), "c'est par l'intermédiaire des manuels pour les élèves et les livrets d'accompagnement pour les maîtres que la grande majorité de ceux-ci prennent contact avec les nouveautés qu'ils ont la charge d'enseigner" (Colmez, 1979, p. 25). Or, tous les auteurs qui se sont penchés sur la question reconnaissent que les manuels ne remplissent que très mal leur rôle. Ces manuels ont dans bien des cas accentué l'écart entre les projets de réforme et leur mise en application au lieu de faciliter celle-ci (Colmez, 1979). Parce que "... les rédacteurs

des maisons d'édition ne comprennent guère en quoi consiste la cogitation mathématique et s'engouent facilement pour des marottes nouvelles", (Beltzner et al., 1977, p. 89) on se retrouve avec des livres qui sont le reflet fidèle des conceptions ou, pis encore, des goûts du jour; il est difficile de concevoir dans ces conditions où priment bien souvent les impératifs commerciaux (Howson, 1979), l'émergence de manuels présentant une vision nouvelle et susceptibles de contribuer en profondeur à l'amélioration des apprentissages mathématiques et de l'enseignement de cette discipline.

Un bref regard sur l'enseignement des mathématiques nous permettrait ici de mieux comprendre comment les problèmes que nous avons décrits se sont manifestés au cours des différentes époques et comment ils se sont perpétués d'une époque à l'autre. Si on se limite aux dernières décennies, on distingue grosso modo trois grandes périodes dans l'enseignement des mathématiques au primaire: la période traditionnelle qui a précédé le tournant des années soixante, la période des mathématiques modernes de 1955 à 1975 et celle dite du "back to basics" qui a suivi.

L'époque traditionnelle (avant 1960)

On a reproché à l'enseignement dit traditionnel d'être magistral et dogmatique (Thom, 1973). Il s'agissait lit-on dans le programme publié en 1970 par le Ministère de l'Éducation du Québec, jugement repris plus brièvement dans le programme de 1976,

> ... de transmettre à l'élève un certain nombre de notions et de techniques permettant de résoudre des problèmes pouvant tous se ramener à quelques modèles, à quelques archétypes... (et)... rendre l'élève apte à imiter tel comportement dans telle situation déjà connue et prévue... (Ministère de l'Éducation du Québec, 1970, p. 3).

Les curriculums de cette époque, rapporte Kline (1974) présentaient surtout des processus mécaniques et forçaient ainsi l'élève à s'appuyer

davantage sur la mémorisation que sur la compréhension, ce que confirme le rapport du NACOME (1975). Et Kline poursuit:

> un bon professeur fera sans doute de son mieux pour aider les élèves à saisir le rationnel d'un procédé mais globalement, le curriculum traditionnel n'accorde que peu d'attention à la compréhension. Il s'appuie sur les répétitions d'exercices (drill) pour amener l'élève à faire ce qu'il faut, promptement (p. 6; traduction libre).

Dans ce contexte traditionnel, les concepts mathématiques sont souvent oblitérés par les habiletés (Easley, 1978): les opérations, par exemple, disparaîtront, confondues avec les algorithmes qui permettent de les effectuer. On enseigne ainsi, rapporte encore Kline (1974), plusieurs douzaines de procédés, souvent tellement disparates qu'on pourrait, dit-il, assimiler certains cours de mathématiques à un livre dont les pages éparpillées auraient été rapaillées au hasard. Les élèves, conclut-il, se retrouvent en face d'un nombre effarant de processus qu'ils ou elles ne peuvent que répéter pour réussir à les mémoriser et les utiliser avec une certaine efficacité mais sans arriver à cette maîtrise véritable qu'apporte la compréhension profonde des éléments en jeu.

On retrouve (ou devine) dans cette brève description, plusieurs manifestations des problèmes que nous avons décrits plus haut. On constate, par exemple, qu'une telle approche des mathématiques est fondamentalement, presque caricaturalement, behavioriste dans la mesure où la discipline mathématique y est d'abord considérée comme une collection d'habiletés, de savoir-faire à faire acquérir aux élèves. Dans ce but, on leur demande d'imiter le plus parfaitement possible ce que le professeur ou le manuel montre (Kline, 1974) et de répéter inlassablement des exercices, renforçant ainsi leurs "réponses" jusqu'à ce que leur comportement soit jugé conforme et satisfaisant. Dans la mesure où la compréhension est négligée et où, c'est encore Kline (1974) qui le reconnaît, l'on ne se préoccupe guère de donner un sens à l'activité mathématique, ces exercices répétitifs se résument bien souvent, aux yeux des élèves sinon de leurs maîtres, à des manipulations de signes et de

symboles où importe d'abord le respect des règles établies, la rapidité avec laquelle une réponse est fournie de même que l'exactitude de celle-ci, ces deux derniers éléments, rapidité et exactitude, s'avérant les critères ultimes de la performance des élèves.

Les mathématiques modernes (1955-1975)

L'influence du formalisme, pour sa part, s'est davantage et plus clairement faite sentir à partir de la deuxième période, celle des mathématiques modernes. Mais avant de la décrire, deux remarques s'imposent: la première pour dire que cette réforme des mathématiques modernes n'a jamais été aussi monolithique qu'on l'a souvent cru. En réalité, ces termes "mathématiques modernes" rassemblent sous une même dénomination une foule de mouvements divers qui ont marqué deux décades - de 1955 à 1975 approximativement - desquels on peut tout juste dégager certaines tendances générales (NACOME, 1975; Kline, 1974; Callahan et Glennon, 1975). D'autre part, c'est là notre seconde remarque, ces réformes ont soulevé les passions de sorte qu'il est difficile d'arriver à les juger objectivement (NACOME, 1975): il faut sans cesse nous garder des condamnations sans appel comme des évaluations trop enthousiastes (Krigowska, 1979).

C'est donc autour de 1960 que déferlent les premières vagues de cette réforme des mathématiques modernes: avec comme principe de base d'arriver à une mathématique conceptuellement plus signifiante où, par exemple, le "par coeur" perdrait de l'importance (Callahan et Glennon, 1975). Dans ce but, et comme l'on sent un écart sans cesse grandissant entre la science mathématique et un enseignement devenu léthargique, on se propose de réajuster cet enseignement aux "mathématiques véritables": plus précisément de rapprocher l'enseignement du travail réel des mathématiciens en s'inspirant des méthodes mathématiques de travail (Thom, 1973; Colmez, 1979; Revuz, 1980). Ce qui, en accord avec la pensée formaliste qui domine alors (Dionne, 1982a), conduit à mettre très tôt l'accent sur les idées générales et unificatrices, à présenter très vite les structures mathématiques fondamentales

(Thom,1973; Kline, 1974; Callahan et Glennon, 1975; Colmez, 1979). On veut aussi établir des liens entre ces structures qui forment la base des mathématiques vues comme système logico-déductif et fonder sur elles les connaissances mathématiques plus spécifiques (Thom, 1973; Callahan et Glennon, 1975).

On le constate, l'accent est, du moins au départ, nettement porté sur les contenus des programmes: élimination de certains éléments et enrichissement par des sujets neufs (Whitney, 1973; Thom, 1973; NACOME, 1975; Colmez, 1979). Cela s'explique, entre autres raisons, par "l'entrée des mathématiciens professionnels et de spécialistes des mathématiques dans le domaine clos de l'enseignement élémentaire" (Colmez, 1979, p. 24). Callahan et Glennon (1975) vont plus loin et regrettent que ces gens à l'origine des programmes de mathématiques modernes aient

> ... dans une très large mesure, été originellement formés à la mathématique comme pure science déductive. Habituellement incapables de voir ou d'accepter aucune autre théorie du curriculum, ils ont agi de façon à apporter les améliorations si nécessaires aux programmes contemporains de la seule manière qu'il leur était possible de le faire - en rendant les mathématiques plus correctes, plus rigoureuses et plus déductives mais pas nécessairement plus personnellement signifiantes pour l'enfant ou plus pertinentes socialement (p. 7; traduction libre).

Tempéré par Colmez (1979) lorsqu'il explique que l'attention accordée à la nature profonde des mathématiques a pu conduire à certains excès, "ce qui a motivé les reproches faits aux novateurs de ne plus vouloir s'occuper de l'enseignement des mathématiques utiles aux élèves" (p. 18), ce jugement de Callahan et Glennon s'attaque aux excès de la réforme comme beaucoup de critiques de cette époque et permet de mieux saisir les grands traits des tendances d'alors, tendances confirmées par Thom (1970 et 1973), Browder et Maclane (1978), Barrett (1979), Hersh (1979), Davis et Hersh (1980), Robitaille et Dirks (1982).

Inspirée par les mathématiciens, la réforme des mathématiques modernes s'appuie également sur certaines bases psychologiques et pédagogiques. Les travaux de Jerôme Bruner s'avèrent particulièrement déterminants dans l'accent mis sur les structures mathématiques et le déplacement, vers des classes inférieures, de portions de matières traditionnellement réservées pour plus tard (NACOME, 1975; Callahan et Glennon, 1975; Robitaille et Dirks, 1982). Dans son volume The Process of Education (1960), Bruner discute longuement de l'importance de la structure de la matière enseignée dans l'apprentissage et conclut en proposant l'hypothèse que "... n'importe quel sujet peut être enseigné efficacement sous une forme intellectuellement honnête à n'importe quel enfant, à n'importe quel stade de son développement" (p. 33; traduction libre). Même hypothétique, cet énoncé a profondément marqué le contenu des programmes et leur évolution par l'intermédiaire, entre autres choses, des travaux de la Commission on Mathematics du College Entrance Examination Board (1959), du congrès tenu en 1959 à Royaumont en France (OCDE, 1961), de la Cambridge Conference on School Mathematics (1963) et qui ont conduit à l'élaboration et à l'implantation de programmes comme celui du School Mathematics Study Group américain (SMSG, 1961) qui, suivant O'Brien (1973) et Robitaille et Dirks (1982), a considérablement influencé les orientations des autres programmes nord-américains de mathématiques pour le primaire.

Accent sur les structures, sur les concepts unificateurs, recours à une approche plus axiomatique où l'on insiste davantage sur les aspects logico-déductifs, voilà quelques-unes des manifestations importantes de la pensée formaliste dans l'enseignement des mathématiques (Hersh, 1979). Manifestations qui sont à la source des nombreuses critiques souvent justifiées, même si parfois exagérées (Begle, 1974; NACOME, 1975; Krygowska, 1979), des curriculums de cette époque auxquels on a, nous l'avons vu, reproché leur approche trop déductive, une recherche exagérée de la rigueur, un détachement trop grand de la réalité et des applications, la mise à l'écart de l'intuition (Thom, 1970, 1973; Kline, 1974; NACOME, 1975; Callahan et Glennon, 1975; Colmez, 1979; Krygowska, 1979; Revuz, 1980; Robitaille et Dirks, 1982).

L'omniprésence de la théorie des ensembles ou, à tout le moins, du symbolisme et de la terminologie ensemblistes a suscité des critiques particulièrement vives: son objectif premier, objectif formaliste s'il en est, est d'unifier la présentation des divers éléments du curriculum, ce, dans l'espoir d'en faciliter l'acquisition. En pratique, le moyen devient bien souvent une fin en soi (Kline, 1974; NACOME, 1975; Colmez, 1979), les ensembles devenant un objet d'étude comme les autres dont il ne reste bien souvent par la suite qu'un vocabulaire plus abstrait, une notation nouvelle et différente qui vient ajouter au problème de la symbolisation décrit au début de ce chapitre (Kline, 1974; NACOME, 1975; Callahan et Glennon, 1975).

Mais les problèmes liés au contenu des programmes ou, plus généralement, à la discipline mathématique ne sont pas les seuls:

> une des principales difficultés rencontrées en parlant de la réforme de l'enseignement des mathématiques à tous les niveaux et peut-être encore plus au niveau de l'enseignement élémentaire est l'absence de système de pensée qui puisse servir de référence. Les idées sur l'enseignement élémentaire des mathématiques les plus largement répandues dans la plupart des pays sont fondées sur l'apprentissage par conditionnement (behaviorisme et néo-behaviorisme) (Colmez, 1979, p. 26).

Comme quoi le changement de contenu ne suffit pas à déterminer automatiquement un changement d'attitude vis-à-vis du savoir et un changement de méthodes: si dans un certain nombre de classes, l'enfant n'est plus considéré comme un réceptacle à savoir et si l'on y sollicite davantage son intelligence, il existe encore de très nombreuses classes où les méthodes n'ont pas vraiment évolué et où le travail, essentiellement des répétitions d'exercices du même type, ne fait guère appel à l'initiative des élèves (Colmez, 1979). Arriver à une bonne réponse demeure l'objectif primordial: sauf qu'au lieu de seulement viser des savoirs utiles et acceptés comme tels par les enfants, comme de réussir correctement une multiplication, on s'attache à rendre les élèves capables de réciter sans faute la définition de l'intersection de deux ensembles... (Colmez, 1979).

Le tableau brossé ici peut paraître bien noir dans la mesure où les principales pathologies de la réforme sont mises en relief. Mais cette période a aussi vu plusieurs apports très positifs qu'il ne faudrait pas oublier. Ainsi, est-ce à ce moment que l'on a vraiment mis de l'avant le principe de l'enseignement par la découverte, principe présenté, rapportent Callahan et Glennon (1975, p. 110) comme la "méthode caractéristique de la révolution des mathématiques modernes". D'inspiration nettement constructiviste puisque l'enfant est appelé à bâtir lui-même ses connaissances, cette approche présente quatre avantages reconnus par Bruner (1961): elle développe les capacités intellectuelles, permet le passage d'une satisfaction extrinsèque à une satisfaction intrinsèque, introduit les heuristiques de la découverte et aide finalement à la mémorisation. En proposant cette approche, soulignent Callahan et Glennon, on poursuivait deux objectifs majeurs: d'abord faire apprendre efficacement des mathématiques mais aussi amener les enfants à saisir certains processus cognitifs propres aux mathématiques ou aux mathématiciens et mathématiciennes toujours dans le but déjà mentionné de rapprocher la mathématique scolaire de celle de ces personnes.

Ces objectifs, jugés utopiques par plusieurs critiques, notamment Thom (1973) et Kline (1974), n'ont pas été atteints comme on l'aurait souhaité. Peut-être parce que l'on a, suivant ce que rapporte Friedlander (1965), mal compris et sursimplifié à certains moments l'acte de connaître, au point d'être parfois allé trop loin comme dans ces cas heureusement assez rares où l'on a prétendu pouvoir se passer des maîtres. Peut-être aussi à cause du manque de préparation des maîtres (Colmez, 1979) qui n'ont souvent pu appliquer la réforme, la réduisant parfois à une caricature où seul le vocabulaire utilisé avait changé. Car pour utiliser une approche constructiviste, implanter par exemple un véritable enseignement par la découverte, il faut faire appel à l'initiative des élèves et être prêt à faire face à des situations imprévues. Le maître mal préparé, "non seulement ne peut faire appel à cette initiative mais il la redoute et, consciemment ou non, l'évitera" (Revuz, 1980, p. 105), craignant sans doute d'être désarçonné par une question d'enfant.

Malgré les échecs partiels que l'on a souvent monté en épingle, plusieurs des principes avancés dans cette réforme étaient fort défendables même s'ils demandaient d'être nuancés dans leur application. Ainsi à partir des idées de Montessori (1964) sur l'importance de l'action chez les enfants, de travaux de Piaget, de la théorie de représentation de Bruner, les principes constructivistes mis de l'avant ont été actualisés dans l'introduction de matériels concrets comme les réglettes cuisenaires ou les différentes collections de blocs (logiques, multibases) de Dienes. Si certaines des utilisations que l'on en a faites se sont avérées décevantes, comme par exemple le recours à des blocs en différentes bases pour mieux faire saisir les principes de la numération positionnelle, si dans d'autres cas, cette utilisation s'est faite de manière un peu "pressée", le travail au niveau symbolique et formel apparaissant comme un objectif à atteindre à trop court terme, il n'en demeure pas moins que cette approche concrète, par le respect qu'elle témoigne des étapes du développement de l'enfant et des principes constructivistes de l'apprentissage, est un progrès certain que l'on continue de reconnaître aujourd'hui.

Le retour aux habiletés de base (back to basics)

L'évolution de l'enseignement des mathématiques ne s'est pas arrêtée à cette période des mathématiques modernes où l'on s'est surtout préoccupé, rapporte Colmez (1979), d'enrichir l'enseignement des mathématiques par la valorisation de la puissance unificatrice et simplificatrice de la pensée mathématique et la mise en relief des schémas universels qui gouvernent cette pensée. Car malgré plusieurs apports positifs, ces innovations, constate-t-on dans le rapport du NACOME (1975), sont loin d'avoir comblé les espoirs euphoriques des années soixante.

D'autant que de nouvelles pressions, d'origine sociales celles-là, se font alors sentir et poussent à des changements dans une direction nouvelle, changements que l'on peut assimiler dans certains cas à un véritable retour en arrière: notamment aux États-Unis où le

mouvement de retour aux habiletés de base, le "back to basis" vient occuper l'avant-scène. Car si maints débats passionnés ont entouré l'implantation des programmes de mathématiques modernes, ces débats, par la confusion qu'ils ont souvent engendrée, n'ont guère permis d'informer suffisamment le public. Ceci est d'ailleurs lié, rapporte Colmez (1979), à un phénomène plus global qui caractérise cette période moderne: "le projet éducatif de l'école élémentaire, du fait de son évolution rapide, n'est plus clairement perçu par les principaux intéressés, c'est-à-dire les parents, les élèves et les maîtres" (p. 8). D'où, si l'on s'arrête au domaine mathématique, la méfiance voire l'hostilité de beaucoup de gens, notamment des parents, vis-à-vis une discipline devenue, à leur avis, trop "culturelle", où l'apprentissage des techniques fondamentales utiles comme le calcul semble négligé (NACOME, 1975; Colmez, 1979). Méfiance et hostilité qui s'appuient sur les critiques virulentes des excès des mathématiques modernes et du formalisme qui en est issu et se traduisent dans cette volonté exprimée d'un retour aux bonnes vieilles méthodes éprouvées, aux habiletés de base.

D'autres éléments viennent accentuer ces tendances:

> l'opinion publique n'attribue plus aux disciplines mathématiques, scientifiques et techniques la même place privilégiée qu'au temps du choc provoqué par le lancement du premier Spoutnik. Les intérêts des jeunes se portent sur d'autres sujets et la popularité des mathématiques et l'appui financier qu'elles reçoivent n'ont plus la même ampleur (Krigowska, 1979, pp. 33-34).

La société veut finalement des mathématiques qui soient adaptées à ses besoins et à ses possibilités: les fluctuations provoquées par cette pression de l'opinion publique et les demandes et critiques provenant des différents milieux se sont parfois révélées défavorables au progrès (NACOME, 1975; Krigowska, 1979): au lieu de demander la poursuite des efforts d'amélioration, on a souvent simplement exigé le retour en arrière.

Au même moment, la société cherche à exercer un meilleur contrôle sur les activités éducatives et à mieux évaluer les résultats obtenus (NACOME, 1975). Or, rapporte Colmez (1979), s'il peut sembler facile de contrôler un savoir-faire précis sur un nombre de points limités, il en va tout autrement si l'évaluation doit porter sur des connaissances plus difficiles à préciser en termes de performances. D'où un embarras assez généralisé vis-à-vis cette question... et une tendance très marquée, à tous les niveaux de l'enseignement, vers une description des finalités de l'éducation en termes d'habiletés à faire acquérir aux élèves (NACOME, 1975).

> De tels procédés ont été développés avant tout sur la base du behaviorisme. De ce point de vue, on définit les objectifs spécifiques par des listes détaillées des performances les plus simples, qui déterminent de même le programme minimum de l'apprentissage et qui peuvent être évaluées localement dans des situations simples, par des tests standardisés adéquats (Krigowska, 1979, p. 39).

Analysant cette tendance, les gens du NACOME (1975) observent que très souvent, les efforts des enseignants et des enseignantes, tout comme ceux des élèves, se concentrent sur la maîtrise des performances étroites, isolées, définies par les listes mentionnées. Le programme minimal réduit à ces performances entraîne aussi une réduction dans l'organisation d'activités mathématiques variées. Les auteurs du rapport regrettent finalement cette conception spécifique des objectifs behavioristes qui fait courir de graves dangers à l'éducation mathématique et déplorent cette pratique devenue courante de production de listes de plus en plus nombreuses de performances de plus en plus étroites en tant que fondement d'objectifs dominants.

Les descriptions qui précèdent rendent manifestes la présence et l'influence des théories behavioristes d'apprentissage dans l'enseignement des mathématiques de cette période dite du "back to basics"; mais des problèmes que nous avons décrits au départ de ce chapitre, ce n'est pas le seul qui soit présent. Des recherches récentes indiquent sans équivoque

que ce retour aux habiletés fondamentales est loin d'avoir donné les résultats attendus: ainsi aux États-Unis, a-t-on comparé les performances de 70 000 élèves, évaluées en 1973 puis en 1978, pour devoir conclure à une baisse sensible dans leur capacité à utiliser les mathématiques (Carpenter et al., 1980a et b, 1981). Dans leur conclusion, les auteurs précisent que si les élèves de l'élémentaire ont eu une performance acceptable dans les exercices touchant la connaissance (définie comme le souvenir et la reconnaissance d'idées mathématiques exprimées en mots, symboles ou figures) et les habiletés (que l'on assimile à la manipulation routinière et que l'on vérifie par des exercices laissant présumer que les algorithmes nécessaires ont été appris et répétés), plusieurs de ces habiletés ont été apprises par coeur à un niveau superficiel. En outre,

> dans plusieurs secteurs des programmes scolaires, la performance des élèves indique un manque de compréhension des concepts de base ainsi que des processus... Peut-être que les étudiants se centrent trop sur la maîtrise de règles au point d'en ignorer la compréhension qui doit les accompagner parce que leur expérience leur a appris que ce sont les bonnes réponses, généralement obtenues de ces règles qui sont récompensées (Carpenter et al., 1981, pp. 145-146; traduction libre).

Easley (1978) confirme ces jugements lorsqu'il affirme que l'un des plus grands problèmes du "back to basics" est de centrer si fortement l'attention de l'individu sur la bonne chose à faire et ainsi le pousser à dépenser tellement de son temps et de son énergie à apprendre et à retenir qu'il ne lui en reste guère pour comprendre vraiment ce qu'il fait. Aussi, même si un certain nombre d'élèves, ajoute-t-il, ont davantage de facilité pour mémoriser et appliquer des règles, ils ou elles demeurent le plus souvent incapables de résoudre des problèmes, sinon mécaniquement, lorsque ces problèmes sont présentés sous une forme familière.

Tout ceci tend à démontrer que les mathématiques du "back to basics" demeurent une discipline de manipulation de symboles où les règles et algorithmes, les aspects mécaniques de la "bonne chose à faire"

et de la "bonne réponse à fournir" sont encore parmi les éléments les plus importants, la compréhension profonde cédant le pas aux savoir-faire au lieu de les fonder.

Heureusement, à mesure que les pressions rétrogrades se font plus fortes, des mouvements de résistance apparaissent, mouvements d'autant plus efficaces qu'ils émergent bien souvent du milieu même de l'éducation, des responsables de l'enseignement. Ainsi, la réaction du National Council of Supervisors of Mathematics (NCSM, 1978) paraît exemplaire: sans s'opposer catégoriquement à l'idée même d'habileté de base, les membres de cette association rejettent toutefois

> la définition étriquée des habiletés fondamentales qui rend équivalente la compétence mathématique et l'habileté au calcul... (p. 1), un programme stérile de mathématique concentré exclusivement sur l'apprentissage de connaissances et d'habiletés mathématiques de bas niveaux (p. 3). Le présent mouvement de "retour aux habiletés fondamentales" peut conduire à une insistance sur les exercices et la répétition comme moyen d'apprendre (p. 3).

regrettent-ils, alors qu'au niveau de l'évaluation, on a "... accepté et accentué une utilisation excessive de tests standardisés et (placé) une trop grande confiance dans ces résultats" (p. 6). Ils cherchent du même souffle à réorienter ce retour aux habiletés de base en proposant le recours à un plus vaste éventail d'approches pédagogiques de même que des méthodes plus diversifiées d'évaluation permettant d'atteindre des aspects de l'apprentissage trop souvent négligés malgré leur importance. Mais plus intéressant encore, ils cherchent à élargir le concept même d'habileté fondamentale en intégrant aux listes traditionnelles de ces habiletés des éléments neufs comme la résolution de problèmes, l'estimation et l'approximation ou même la familiarisation avec des instruments électroniques comme la calculatrice et l'ordinateur. Ces propositions ont par la suite été reprises et élaborées par la NCTM (National Council of Teachers in Mathematics), notamment dans son Agenda for Action (1980) où sont formulées les recommandations devant gouverner l'évolution de l'enseignement des mathématiques au cours de la présente décennie.

Qu'adviendra-t-il de cet enseignement? Comment sera-t-il transformé par toutes les discussions sur la résolution de problèmes et l'avènement de la micro-informatique? Bien malin qui peut le prévoir actuellement: car rien ne permet de conclure que les quatre grandes difficultés décrites au départ de ce chapitre seront éliminées. Résoudre des problèmes ou utiliser un micro-ordinateur sont des activités où les mathématiques peuvent encore se voir réduites à une écriture, à des manipulations de symboles. Il n'est pas dit que l'image philosophique sera modifiée, que l'on pourra dépasser les conceptions formalistes par exemple. Les théories behavioristes peuvent, même dans ce contexte, continuer à dominer le monde de l'apprentissage des mathématiques et les enseignants et enseignantes se fier encore d'abord aux réponses de leurs élèves pour juger des acquis de cet apprentissage.

Des espoirs de solution?

On l'aura constaté, ces problèmes ne sont certes pas faciles à régler: trop de facteurs se conjuguent à leurs sources, trop d'éléments contribuent à les perpétuer pour que l'on puisse espérer une réponse simple, une solution-miracle. Notre bref aperçu historique le laisse deviner, un changement réel et profond de l'enseignement des mathématiques demande un effort qui dépasse les modifications superficielles dans les appellations et les façons de faire pour atteindre les personnes concernées et leurs attitudes, toucher les intervenants et intervenantes au niveau même de leur conception des mathématiques et de leur enseignement (Howson, 1979).

La question se pose donc: quels types d'interventions auraient le plus de chance d'amener un renouvellement en profondeur de l'enseignement des mathématiques, d'atténuer sinon de faire disparaître ces difficultés auxquelles cet enseignement se heurte constamment malgré la volonté de changement manifestée dans les réformes qui se sont succédées depuis quelques décennies?

La dernière période décrite a mis en lumière l'influence de la source sociologique du curriculum: d'autant que cette source avait été largement laissée à l'écart pendant la réforme des mathématiques modernes (Callahan et Glennon, 1975). Malheureusement, cette source est la plus diffuse et partant, la plus difficile à atteindre pour qui souhaiterait modifier l'orientation de son influence qui demeure malgré tout une influence extérieure. Pour agir efficacement au niveau social, c'est finalement l'ensemble de la société qu'il faudrait toucher dans sa conception des mathématiques et de ce qu'il faut en attendre. C'est là un projet très ambitieux et sans doute serait-il plus raisonnable de modifier ces conceptions dans les écoles pour ainsi atteindre l'ensemble des gens. En un mot, toucher la société par l'école plutôt que l'école par la société.

Quelles cibles faut-il viser alors? Nous attaquer aux sources mêmes des problèmes? Ou plutôt nous intéresser aux facteurs responsables de leur perpétuation?

Il est clair qu'il ne faut pas négliger les causes profondes des problèmes que nous avons décrits: car comment réussirait-on à guérir un mal sans l'attaquer à sa racine? Mais il n'est pas suffisant de nous en tenir à des réflexions théoriques, de présenter par exemple une vision philosophique des mathématiques qui soit nouvelle ou différente, de défendre une approche plus épistémologique de la discipline ou d'arriver avec des propositions sur l'apprentissage qui se démarquent de ce qui est vécu dans les classes. Ce type de réflexion nous conduit au cadre théorique essentiel à l'aboutissement du projet que nous voulons initier. Mais encore faut-il actualiser ces propositions dans la réalité du monde de l'éducation si on ne veut pas qu'elles demeurent lettre morte. Surtout que l'une des caractéristiques de tout système d'éducation est son conservatisme, son inertie, son imperméabilité à tout changement en profondeur; ces changements, il les accepte puis les récupère sans nécessairement en être fondamentalement affecté (NACOME, 1975): la perpétuation des problèmes décrits en est une preuve. C'est d'ailleurs là qu'il devient intéressant de connaître les éléments, programmes et maîtres, qui ont contribué à entretenir ces problèmes car ces éléments,

sans doute non étrangers à l'inertie mentionnée, vont constituer le point de contact entre les réflexions théoriques et la pratique éducative.

Le premier de ces points de contact naturels par lequel introduire une nouvelle conception à la fois des mathématiques et de leur enseignement, c'est le programme ou, plus globalement, le curriculum: celui-ci inclut, d'une part, le contenu et la méthode de l'enseignement mais aussi les finalités de l'enseignement en général et de l'enseignement des mathématiques en particulier et donc aussi les buts, contenus, méthodes et procédés d'évaluation (Howson, 1979). Ce biais est d'autant plus évident que ce curriculum émerge, pour une bonne part, nous l'avons déjà observé, des éléments mêmes que nous avons reconnus à la source des problèmes. Malheureusement, nous l'avons aussi noté, ce biais ne serait en rien suffisant pour assurer le succès de notre entreprise comme le bref historique qui précède le démontre bien. Car si, dans les réformes successives du curriculum on a tenté d'améliorer l'enseignement des mathématiques de diverses manières, les problèmes de fond n'ont pas été réglés pour autant. D'aucuns pourraient rétorquer que l'on a peut-être pas su faire les bonnes transformations, les réformes adéquates. Mais nous sommes persuadés que la question est ailleurs et que, suivant ce que propose Colmez (1979), il faut plus qu'un changement de contenu, plus qu'une réorganisation de celui-ci: il faut arriver à un changement de conception vis-à-vis du savoir mathématique et pour cela toucher les premiers intervenants, les personnes d'abord concernées, celles qui véhiculent ces conceptions auprès des enfants.

Le rôle central des enseignants et enseignantes

C'est donc ici que le rôle des enseignants et enseignantes prend toute son importance: parmi les personnes concernées, celles-ci seront le pivot de tout renouveau authentique dans la mesure où elles sont les artisans véritables de l'enseignement des mathématiques. Colmez (1979) le reconnaît, "le rôle du maître est fondamental dans l'enseignement élémentaire, plus encore qu'aux autres niveaux de l'enseignement" (p. 23). Et il poursuit en affirmant que le succès d'une réforme dépend largement

de ces maîtres, de l'importance que l'on accorde à leur préparation, tant au niveau du contenu de l'enseignement que de ses objectifs et de ses méthodes. Ce que confirment Brownell (1963, 67, 68), Fletcher (1975) et Howson (1979):

> le fait le plus frappant mis en évidence par vingt ans de développement du curriculum est le rôle crucial du professeur. Quelqu'exceptionnels que soient l'équipe ou les documents du projet, son succès dépendra en fin de compte de la réceptivité et de la faculté d'adaptation du professeur (Howson, 1979, p. 162).

On retrouve là des évidences connues depuis longtemps et exprimées dans des aphorismes comme "une école ne peut valoir plus que les enseignants qui y oeuvrent" ou "il n'y a pas de meilleure méthode, il n'y a que de meilleurs maîtres" (Programme d'études des écoles élementaires, 1959), évidences dont on a malheureusement guère tenu compte dans les diverses réformes successives. Kotasek (1972) le rapporte,

> on pourrait affirmer que la formation des maîtres devrait être le fer de lance du développement du système éducatif et que la priorité devrait lui être donnée dans les mesures sociales ou éducatives prises par les États. Or, l'histoire de l'Éducation fait apparaître que dans la pratique, elle a jusqu'ici été traitée ex post facto.

Ce qui est confirmé dans les faits pour l'enseignement des mathématiques: il faut par exemple attendre le quatrième rapport de l'UNESCO (CIEM, 1979) sur les tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques pour trouver dans cette série un chapitre spécial consacré à la formation des maîtres. Cette formation a sans cesse été reléguée à l'arrière plan, on ne lui a accordé qu'une importance secondaire

> alors qu'elle ne peut être considérée seulement comme une conséquence nécessaire des modifications du système scolaire ou de l'enseignement. La formation des maîtres est une force vive susceptible d'amener elle-même des changements..., (OCDE, 1974),

jugement confirmé dans le rapport du NACOME (1975).

Que la formation des maîtres soit élément central d'un renouveau profond n'a rien de surprenant si l'on considère que peu importe la nature et l'importance des changements proposés au niveau du curriculum, peu importe la compétence des gens qui préparent ces changements, peu importe le sérieux des recherches sur lesquelles ils s'appuient, c'est finalement par l'intermédiaire des enseignants et enseignantes que ces changements deviennent réalité, qu'ils sont actualisés dans la pratique scolaire. Et ce n'est que dans la mesure où ces maîtres sont prêts à recevoir ces changements, c'est-à-dire qu'ils ou elles ont non seulement les compétences mathématiques et psycho-pédagogiques requises, mais aussi une perception nette de ces compétences et la certitude que les transformations proposées sont importantes et adéquates, qu'ils ou elles peuvent modifier en profondeur leur enseignement pour l'accorder aux exigences nouvelles. D'autant qu'alors, ces exigences ne sont plus simplement des contraintes extérieures mais répondent à des convictions intimes, personnelles: s'il est difficile, voire impossible, d'implanter avec succès une réforme sans d'abord convaincre ceux et celles, qui en dernier ressort, doivent réaliser cette implantation, ses chances de succès sont au contraire maximisées lorsque ces personnes adhèrent pleinement aux changements proposés.

La préparation inadéquate des enseignants et enseignantes est sans doute l'un des facteurs responsables des succès mitigés obtenus par les réformes des dernières décennies. Colmez (1979) le reconnait,

> le changement des méthodes nécessite une longue préparation, à la fois psychologique et technique, des maîtres. Mais pour faire cette préparation, il faut des moyens que les initiateurs de réformes ont longtemps réclamés en vain. Les autorités responsables comprennent plus facilement la nécessité de prévoir pour les maîtres une formation relative aux contenus qu'une formation en matière de méthodes (p. 25).

Et encore, cette distinction entre méthodes et contenus ne permet que d'effleurer les questions de fond. Car les méthodes et techniques ne sont que le reflet d'une ou plusieurs théories d'apprentissage

et d'enseignement qui demeurent habituellement implicites alors que du côté des contenus, le problème vient de ce que, suivant les modèles traditionnels sans cesse reproduits, on se limite à la transmission des notions mathématiques en négligeant de se pencher sur la pensée et l'activité mathématiques.

Coup d'oeil sur la formation des maîtres du primaire

Ces préoccupations entourant le contenu notionnel dans la formation mathématique des enseignants et enseignantes du primaire s'explique par le fait qu'au plan de leurs connaissances dans cette discipline, il y a chez une majorité de ces personnes, de graves lacunes. Ainsi, à la fin des années quarante, dans une étude conduite aux États-Unis auprès des maîtres de l'élémentaire, Glennon (1949) a trouvé qu'ils ou elles ne maîtrisaient en moyenne que 55% des schèmes conceptuels qui sous-tendent les processus de calcul enseignés de la première à la sixième année. Reprenant les mêmes instruments de mesure dans les années qui ont suivi, Weaver (1956), Bean (1959) et Kenney (1965) ont obtenu des résultats du même ordre. Un an après Kenney, Callahan (1966) a, pour sa thèse de doctorat, préparé et administré un nouveau test où intervenaient davantage de notions tirées des nouveaux programmes de mathématiques modernes, toujours pour l'élémentaire; les résultats obtenus montrent que le pourcentage de contenu maîtrisé par les enseignants et enseignantes n'avait pas augmenté. Quatre ans plus tard, dans une autre thèse, Koeckeritz (1970), utilisant le test de Callahan, n'a trouvé aucune différence significative entre des élèves de deuxième année du secondaire, des finissants et finissantes des collèges et les maîtres du primaire, aucun de ces groupes n'obtenant plus de 50% dans les tests mesurant leurs connaissances des mathématiques du primaire. En 1975, Callahan et Glennon en arrivaient à la conclusion que traditionnelles ou modernes, il semble que les connaissances mathématiques des maîtres de l'élémentaire demeurent un véritable problème professionnel, ce que confirment les gens du NACOME (1975), Dhombres (1981) de même que Colmez et Otte dans un rapport de l'UNESCO (CIEM, 1979).

Cette situation est relativement simple à comprendre si l'on pense que ces maîtres du primaire sont des généralistes: ils ou elles n'ont donc pas profité d'une formation en mathématiques ni même d'une formation de spécialiste de l'enseignement des mathématiques. À cet égard, le Conseil des sciences du Canada (Orpwood et al., 1984) fournit des statistiques révélatrices sur la formation des maîtres des différents niveaux du système scolaire canadien comme en témoigne le tableau de la page suivante:

Tableau 1

Niveau de formation des enseignants en certaines matières*

Niveau d'instruction	Mathématiques	Sciences pures	Sciences appliquées	Pédagogie
Primaire				
Aucune étude universitaire	58,2	72,7	85,9	20,5
Premier cycle universitaire	39,6	23,0	8,5	66,1
Études supérieures	1,5	0,4	0,3	7,6
Premier cycle du secondaire				
Aucune étude universitaire	40,4	35,8	65,1	10,0
Premier cycle universitaire	54,5	59,6	26,8	71,2
Études supérieures	1,7	3,6	3,5	17,2
Deuxième cycle du secondaire				
Aucune étude universitaire	13,7	4,6	61,6	5,3
Premier cycle universitaire	79,4	78,0	28,7	72,4
Études supérieures	3,9	16,5	3,5	20,0

* Les statistiques sont fournies en pourcentage.

Observations sur le tableau 1

1. Plus de la moitié des enseignants et enseignantes du primaire n'ont pas suivi de cours de mathématiques au niveau universitaire.

2. Près des trois quarts des enseignants et enseignantes du primaire n'ont pas étudié les sciences au niveau universitaire.

3. Les trois quarts des enseignants et enseignantes du premier cycle du secondaire n'ont pas étudié les mathématiques ou les sciences au niveau universitaire.

[Source: Conseil des sciences du Canada (Orpwood et al., 1984, p. 37)]

Un second tableau tiré de la même source permet de distinguer, toujours au plan de la formation, les enseignantes des enseignants: ceci s'avère particulièrement intéressant si l'on pense que les femmes sont largement majoritaires au sein du corps professoral du primaire. Nous reproduisons à la page suivante la partie du tableau touchant les mathématiques.

Tableau 2

Niveau de formation en mathématiques selon le sexe*

	Primaire		Secondaire premier cycle		Secondaire deuxième cycle	
Niveau d'instruction	H	F	H	F	H	F
Aucune étude universitaire	45,8	60,7	32,8	63,0	12,4	24,0
Premier cycle universitaire	49,8	38,4	64,9	35,8	83,4	73,2
Études supérieures	4,4	0,7	2,1	1,0	4,0	2,8
(N)	(405)	(1216)	(1041)	(267)	(995)	(134)

* Les statistiques sont fournies en pourcentage.

Observations sur le tableau 2

1. Les enseignantes ont généralement suivi moins de cours de mathématiques que les enseignants.
2. Il y a une probabilité de 60% qu'une enseignante du primaire n'ait pas étudié les mathématiques depuis l'école secondaire.

[Source: Conseil des sciences du Canada (Orpwood et al., 1984, p. 38)]

On constate enfin, dans un troisième tableau, qu'une large majorité d'enseignants et d'enseignantes du primaire n'ont pas suivi de cours de mathématiques de niveau post-secondaire depuis au moins cinq ans:

Tableau 3

Temps écoulé depuis le dernier cours post-secondaire suivi en certaines matières par les maîtres du primaire

Temps écoulé depuis le dernier cours	Mathématiques	Sciences pures	Sciences appliquées	Pédagogie
Jamais suivi	32,2	45,9	57,2	6,6
Plus de 10 ans	25,7	26,0	18,4	14,7
6 à 10 ans	18,1	14,1	11,3	16,1
1 à 5 ans	19,0	11,2	9,1	46,4
En suit actuellement	1,8	0,0	0,7	14,8

* Les statistiques sont fournies en pourcentage.

Observation sur le tableau 3

La plupart des enseignants et enseignantes n'ont pas suivi, au cours des dix dernières années, de cours de niveau post-secondaire en une matière autre que la pédagogie

[Source: Conseil des sciences du Canada (Orpwood et al., 1984, p. 39)]

Même si, de l'avis de Jean-Pascal Souque (communication personnelle) qui a collaboré à cette étude du Conseil des sciences du Canada, la situation québécoise est légèrement moins dramatique que la situation canadienne globale, il n'en reste pas moins que les enseignants et enseignantes d'ici, à l'instar de leurs collègues du Canada et d'ailleurs, n'ont pas toujours reçu une formation adéquate. Enfants, ces personnes ont fréquenté les mêmes écoles et ont été soumis aux mêmes programmes que

les autres gens. Subissant les mêmes influences, il est normal de retrouver chez elles les mêmes difficultés que dans l'ensemble de la population, difficultés que Beltzner et al. (1977) décrivent comme un malaise face aux mathématiques, malaise résultant d'un manque de connaissances et de compréhension. Et comme le montrent les résultats qui précèdent, les programmes de formation des maîtres n'ont guère permis d'arriver à une amélioration de leurs connaissances, à leur fournir une compréhension claire des mathématiques qu'ils doivent pourtant enseigner (Beltzner et al., 1977).

Ces programmes sont difficiles à caractériser de façon globale: ce, même si on se limite à la situation québécoise où, entre 1968 et 1971, les universités ont intégré les écoles normales jusque là responsables de cette formation des maîtres (Commission d'étude sur les Universités, 1979). Depuis cette époque, chaque institution a développé ses propres programmes, tant pour la formation initiale que pour le perfectionnement avec pour résultat que des différences importantes existent dans ce qui est proposé par chacune. Si l'on s'intéresse plus particulièrement aux mathématiques, on constate par exemple qu'à l'intérieur de son programme de baccalauréat en éducation primaire, l'Université de Montréal offre six crédits de cours obligatoires (sauf pour ceux qui choisissent l'option premier-deuxième cycle), cours donnés par des didacticiens ou didacticiennes de la mathématique et portant sur un contenu mathématique auquel se juxtaposent des considérations méthodologiques. À l'Université Laval, la formule est différente: on exige douze crédits dont six, offerts par le département de mathématiques, portent plus spécifiquement sur les notions mathématiques alors que deux autres cours de trois crédits sont des cours de didactique des mathématiques donnés par des didacticiens et didacticiennes de la Faculté des sciences de l'éducation. Là encore cependant, les aspects méthodologiques occupent une place importante. Gaulin (1978), décrivant la situation au niveau national, la résume bien en disant qu'en général, les programmes de formation proposent, au plan mathématique, un peu de contenu et des notions de méthodologie et demeurent orientés vers les produits en délaissant les processus de la pensée et de l'activité mathématiques.

En dehors d'un certain bagage de connaissances dans les diverses disciplines que, comme généraliste, ils auront à enseigner, les maîtres du primaire acquièrent également certaines connaissances en psychologie. Ainsi retrouve-t-on dans les différents programmes de formation offerts par les universités au moins un cours obligatoire sur le développement intellectuel de l'enfant, la psychologie cognitive, les théories d'apprentissage. Le cours EDU 2052, Fondements de l'Éducation II, offert par l'UQAM (annuaire 1982-1983) est un exemple-type de ce que l'on propose: on y aborde les principaux courants idéologiques et épistémologiques, les principales théories d'apprentissage et du développement intellectuel (Skinner, Bruner, Piaget, Dewey, Rogers...), on y fait l'analyse des relations possibles liant les théories de la connaissance et les théories d'apprentissage et on recherche les conséquences éducatives des différentes positions épistémologiques. Les cours de ce type sont, comme ils se doivent, des cours d'introduction et ne visent pas à former des psychologues ou des épistémologues: il s'agit simplement de fournir aux maîtres les éléments de base de leur formation d'éducateurs et d'éducatrices généralistes, les notions leur permettant de mieux comprendre leurs élèves et la façon dont ils ou elles se développent et apprennent.

Une troisième composante importante de la formation des enseignants et enseignantes du primaire touche leurs connaissances pédagogiques. Malheureusement, cette composante se réduit trop souvent aux aspects méthodologiques déjà mentionnés plus haut, qu'elle soit incluse dans des cours de didactique générale ou dans des cours de didactique des disciplines. Dans le premier cas, on se limitera bien souvent à parler de l'organisation de leçons en insistant sur la définition d'objectifs alors que dans l'autre, la méthodologie touchera plus directement la discipline considérée: ainsi, dans le cas des mathématiques, il sera question de matériels pédagogiques - réglettes, blocs, etc. - de manuels, de l'utilisation de la calculatrice, etc.

Le manque d'intégration des composantes de la formation des maîtres

Il était question, plus haut, de préparation insuffisante et inadéquate des maîtres qui, par exemple, connaissent souvent mal les notions mathématiques appartenant au programme du primaire, ce, même si, dans certaines universités comme Laval, les programmes de formation comprennent des cours de mathématiques. Cette insuffisance de préparation, d'ailleurs reconnue par les enseignantes et les enseignants eux-mêmes (Cormier et al., 1980), vient peut-être de ce que ces cours, habituellement magistraux, visent presqu'exclusivement l'enrichissement des connaissances mathématiques sans chercher à modifier, chez les maîtres, la perception, souvent algorithmique et formelle, qu'ils ou elles ont de ces mathématiques: on y présente des notions mathématiques sans nécessairement s'arrêter aux processus cognitifs par lesquels elles sont acquises par la personne qui apprend. En somme, ces cours ne se distinguent habituellement pas, au niveau de leur forme, des autres cours de mathématiques que les maîtres ont pu suivre pendant leurs études primaires, secondaires et collégiales. D'autres cours de formation ou de perfectionnement sont donnés sous forme d'ateliers où les maîtres explorent différentes activités mathématiques. C'est le cas, notamment, à l'Université de Montréal, à l'Université Concordia et dans les cours offerts par le PPMM-Laval. Malheureusement, le contenu mathématique des activités proposées reste souvent diffus ou, s'il est davantage évident, il s'avère souvent difficile pour le maître de bien situer la place, de bien saisir le rôle de ces activités dans la formation des schèmes conceptuels associés aux notions mathématiques ainsi abordées.

Il semble bien que ni les cours magistraux de mathématiques, ni les cours donnés sous forme d'ateliers ne répondent adéquatement aux besoins des enseignants et enseignantes: dans la mesure où ils ignorent les raisons du manque de connaissance de ces enseignants et enseignantes, ils reproduisent d'une certaine manière les modèles traditionnels où l'accent porté sur le contenu mathématique et les aspects méthodologiques oblitèrent les processus de l'activité mathématique et de l'activité de

connaissance en général. Les mathématiques demeurent ainsi une discipline isolée, coupée des autres composantes de la formation des maîtres.

C'est d'ailleurs là la critique la plus fondamentale que l'on puisse faire de ces divers programmes de formation: on y retrouve guère de véritable intégration de leurs différentes composantes - composantes psychologique, pédagogique, épistémologique et de contenu mathématique - les programmes apparaissant comme une simple juxtaposition d'éléments disparates présentés par un groupe hétérogène de personnes (Gaulin, 1978). Comme le faisait remarquer Freudenthal (1977), on espère que le futur maître réussira une intégration que ses formateurs ne parviennent pas à réaliser dans leur enseignement.

Les cours d'introduction à la psychologie par exemple, s'ils sont quelquefois orientés vers une pratique scolaire, sont plus rarement reliés à l'enseignement des disciplines. Aussi ne faut-il pas se surprendre si, comme le rapportent Cormier et al. (1981), les enseignants et enseignantes valorisent davantage une conception traditionnelle de l'éducation axée sur la transmission de connaissances établies par d'autres qu'une conception centrée sur les élèves où ceux-ci ou celles-ci seraient considérés comme les principaux artisans de leur formation, ce qui confirme le rapport Faure de l'UNESCO (1972) et Easley (1978). Car si l'on s'arrête aux mathématiques par exemple, les enseignants et enseignantes ne prennent que très vaguement conscience de ce que les programmes traditionnels, dans la mesure où l'accent y est davantage porté sur la communication des connaissances plutôt que sur leur élaboration par celui ou celle qui apprend, reposent essentiellement sur les théories behavioristes d'apprentissage. Ils ou elles ignorent également que l'application de ces théories est problématique lorsqu'il s'agit d'élaborer des constructions intellectuelles non triviales. De même, avec la grande vogue des mathématiques modernes, les maîtres ont largement utilisé, en accord avec les programmes, une approche formelle alors même que la psychologie du développement faisait surgir une foule de matériels concrets. Bien sûr, les matériels sont entrés en force dans les classes, particulièrement au premier cycle du primaire mais leur conception et

l'utilisation que l'on en fait sont prématurément orientées vers l'acquisition de concepts abstraits: c'est par exemple le cas des blocs multibases comme concrétisation de la notion de base de numération ou des blocs logiques servant à l'étude de divers types de relations. Cela se complique souvent par des exigences de rigueur au niveau du vocabulaire et du symbolisme, de la connaissance de définitions, par exemple de propriétés comme la commutativité ou l'associativité (Kline, 1974), tout cela organisé derrière l'idée de concepts unificateurs alors qu'il n'y a encore que très peu à unifier (Dhombres, 1981).

À cause de ce manque d'intégration, les programmes de formation ne permettent finalement pas de régler le problème épistémologique fondamental qui affecte l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques: plutôt que d'être de simples objets à transmettre, les connaissances mathématiques doivent, comme les connaissances dans les autres domaines, être construites par l'apprenant. Mais pour arriver à vivre cela dans sa classe, le maître a bien souvent besoin de modifier sa conception des mathématiques qu'il ou elle perçoit comme une discipline rigide où règnent l'ordre et la rigueur d'un produit fini, davantage domaine d'habiletés que d'idées (Easley, 1978), pour arriver à une perception moins statique où la dynamique de l'acte de connaissance est davantage présente. Cette perception peut difficilement émerger d'un programme de formation compartimenté où la composante mathématique, comme sans doute d'autres composantes disciplinaires, se trouve nettement à l'écart des composantes psychologique et épistémologique.

La composante pédagogique de la formation aurait peut-être pu constituer une part de ce lien indispensable entre, d'un côté, les aspects théories de l'apprentissage et de la connaissance et, de l'autre, les éléments de la discipline mathématique. Ce n'est malheureusement pas le cas dans la réalité: car cette composante se réduit le plus souvent, comme le signalait Gaulin (1978) un peu plus haut, aux aspects méthodologiques, qu'il soit question d'enseignement en général où l'on traitera par exemple de l'organisation de la classe ou que l'on aborde l'enseignement des mathématiques lui-même. Dans ce dernier cas, on vise d'abord à

familiariser le maître avec les différents matériels pédagogiques en s'appuyant - appui hélas trop souvent implicite - sur la théorie de la représentation de Bruner ou sur les travaux de Montessori, de Piaget ou d'autres. Cette familiarisation demeure souvent technique et ce que l'on y montre n'apparaît donc que trop rarement aux yeux du maître comme une actualisation pratique de ce qu'on lui a présenté sur la connaissance dans ses cours de psychologie. Aussi ne doit-on se surprendre si, dès la fin du premier cycle du primaire, les approches concrètes sont largement abandonnées, faisant place à des manipulations plus algorithmiques et formelles à l'intérieur de cours plutôt magistraux. Les enfants risquent alors de demeurer passifs, se contentant de reproduire ce que propose le maître ou le manuel sans nécessairement bien assimiler ces contenus en termes de connaissances permanentes. Une large majorité de maîtres reconnaît qu'il s'avère intéressant et profitable de fournir à l'enfant l'occasion de rebâtir pour lui-même ou pour elle-même les notions mathématiques mais la plupart ont aussi l'impression que cela demande trop de temps au point de rendre avantageuse une approche plus magistrale dans laquelle ils ou elles vont transmettre à l'enfant les connaissances qu'il lui faut. Cette impression ne se vérifie hélas qu'à court terme: l'enfant apprend effectivement, au point de réussir les tests et examens par lesquels le maître évalue ses connaissances. Mais ces connaissances, comme ce qui relève avant tout de la mémoire, demeurent volatiles... d'où le phénomène de l'oubli qui, sans cesse observé, n'en désarçonne pas moins l'enseignant ou l'enseignante rapporte Easley (1978). Telle habileté ou concept, apparemment solidement acquis à un moment donné, semble oblitéré, gommé de la tête des enfants quelques mois plus tard, au point d'obliger les maîtres à revenir sans cesse, année après année, sur les mêmes éléments de contenu. Les maîtres, ajoute Easley, sont mal préparés à faire face à ce phénomène comme ils sont aussi mal préparés à comprendre tout ce qui touche la cognition chez leurs élèves.

Ce phénomène de l'oubli nous ramène au problème de la centration des enseignants et enseignantes sur les réponses de leurs élèves et, plus généralement, pose celui de l'évaluation des connaissances. Car c'est dans la mesure où ils ou elles s'arrêtent d'abord aux réponses de

leurs élèves pour juger des compétences acquises sans chercher à cerner en profondeur la compréhension des concepts, notions et opérations que les maîtres sont finalement abusés: en jugeant assimilées des connaissances qui peuvent n'être que retenues superficiellement.

Une expérience exploratoire

Ce qui précède montre à quel point les quatre grands problèmes décrits trouvent un point d'ancrage important chez les enseignants et enseignantes du primaire et à quel point leur formation n'est pas étrangère au phénomène: que ce soit au niveau de la conception que ces enseignants et enseignantes véhiculent de la discipline, de la vision philosophique qu'ils ou elles en ont, des théories d'apprentissage sous-jacentes ou de leur centration sur les réponses de leurs élèves, cette formation ne leur permet guère d'échapper aux problèmes, elle va même jusqu'à les y plonger par ses insuffisances dont la moindre n'est certes pas le manque d'intégration des différents éléments qui la composent. Tant que l'on ne parviendra pas à améliorer la situation au niveau de cette formation, les espoirs de voir s'estomper les problèmes, que ce soit par des modifications aux programmes, des actions diverses auprès des parents ou tout autre moyen d'intervention, demeureront vains parce qu'ils rejoindront mal ces enseignants et enseignantes par qui tout changement doit forcément passer.

Par contre, l'espoir de voir se modifier chez les maîtres leur perception des mathématiques et de leur enseignement par des transformations adéquates au niveau de la formation qu'on leur fournit ne nous apparaît pas du tout utopique. À cet égard, une étude exploratoire conduite avec un groupe d'enseignants et d'enseignantes en perfectionnement s'est avérée extrêmement encourageante et prometteuse (Bergeron et al., 1981; Herscovics et al., 1981; Herscovics et Bergeron, 1982a et b). Au cours de cette étude, nous avons utilisé une approche centrée sur l'analyse des concepts mathématiques de l'élémentaire à l'aide de modèles de la compréhension: plutôt que d'aborder les notions au seul plan mathématique avec une question comme "qu'est-ce que le nombre?" ou

nous arrêter à des questions générales sur la compréhension, nous avons plutôt réuni ces éléments dans des interrogations du type "que veut dire comprendre le nombre?", ces interrogations étant amenées à l'intérieur d'un cadre de référence constitué par ces modèles décrivant la compréhension. Cette façon de faire permet d'intégrer les aspects psychologiques, pédagogiques, épistémologiques et mathématiques vers une nouvelle perception de la matière. En effet, la notion ou le concept étudié reste présent comme notion mathématique car il serait certes difficile de fouiller la compréhension d'une notion mathématique en faisant abstraction de cet aspect. Cependant, le cadre à l'intérieur duquel s'effectue le travail de réflexion, mettant l'accent sur les aspects cognitifs, amène aussi l'enseignant ou l'enseignante à s'interroger sur les processus de pensée qui conduisent à la connaissance de la notion abordée. Car décrire, par exemple, la compréhension du nombre, n'est-ce pas aussi réfléchir à la manière dont se bâtit cette compréhension? Et le maître peut-il alors éviter de penser à la façon d'organiser les apprentissages (et ses interventions dans ces apprentissages) en tenant compte de ces réflexions afin de mieux aider les enfants à véritablement saisir le concept? C'est justement ce que nous entendons par intégration des aspects psycho-pédagogique et épistémologique à l'aspect plus spécifiquement mathématique.

Le but original de cette expérience était double: il s'agissait, d'une part, d'élaborer et de tester une façon de présenter un modèle de la compréhension à des enseignants et enseignantes et de voir, d'autre part, s'il était possible d'appliquer, avec ces personnes, le modèle à l'analyse de concepts et d'algorithmes appartenant au programme de mathématiques du primaire. Le modèle retenu était le modèle dit du tétraèdre, mis-au-point par Byers et Herscovics (1977) à partir d'autres modèles de Bruner (1960) et de Skemp (1976). Cependant, à mesure que progressait l'expérience, ce modèle, surtout adapté à la résolution de problèmes, a évolué par l'adjonction de nouveaux critères vers un nouveau modèle, baptisé "hybride" depuis, susceptible de mieux s'appliquer à la formation des concepts. Cette évolution est décrite dans un article de Herscovics et Bergeron (1982a) et reprise en détails dans le chapitre suivant.

L'expérience elle-même a été menée auprès d'un groupe de vingt-huit enseignants et enseignantes des six années du primaire. Ces maîtres en exercice étaient inscrits à un cours de perfectionnement et avaient une expérience moyenne de treize ans d'enseignement: cette expérience avec les enfants leur fournissait des points de référence précieux pour juger le contenu du cours et pour effectuer les travaux exigés. Le cours, d'une durée de quinze semaines à raison d'une rencontre hebdomadaire de trois heures, était partagé en trois parties. Dans un premier temps (trois rencontres), il y a eu présentation des divers modèles de compréhension (Bruner, Skemp et Byers-Herscovics) et de quelques éléments de la théorie piagétienne du développement: notions de stades, de conservation, de réversibilité. Par la suite, les enseignants et enseignantes, s'appuyant sur le modèle de Byers et Herscovics, procédèrent à l'analyse des notions de nombre, des quatre opérations arithmétiques, de la numération positionnelle décimale et des algorithmes d'addition et de soustraction. Une dernière partie de quatre rencontres fut consacrée à la réalisation de projets d'équipes.

Ayant nous-mêmes, individuellement, éprouvé beaucoup de difficultés à effectuer l'analyse de ces notions, analyse qui a parfois demandé plusieurs jours de réflexion, nous ne pouvions espérer que les enseignants et enseignantes y parviennent sans aide dans le cadre d'une rencontre de trois heures. Par contre, voulant respecter une philosophie constructiviste de l'apprentissage, il importait de ne pas simplement transmettre nos conclusions mais bien d'adopter une approche qui permette aux maîtres de jouer un rôle actif dans leur apprentissage.

L'approche conçue mobilisait les capacités d'analyse du groupe entier. Dans un premier temps, une discussion en plénière amorcée par la question "Que veut dire comprendre tel concept?" faisait émerger une multitude de réponses, les enseignants et enseignantes s'appuyant sur leur expérience pratique pour proposer différents critères permettant de juger de la compréhension. Cette discussion était une discussion dirigée, l'animateur se réservant le droit d'intervenir pour faire remarquer l'importance d'un élément négligé ou passé sous silence et, globalement,

pour faire profiter les enseignants et enseignantes des résultats des recherches qui ont été effectuées sur les sujets abordés. Toutefois, c'étaient les maîtres qui fournissaient la grande majorité des idées et jugeaient finalement de leur pertinence et de leur valeur. Dans un second temps, les individus se regroupaient en petites équipes de quatre ou cinq personnes et ordonnaient les critères jugés acceptables en fonction des quatre modes (intuitif, instrumental, relationnel et formel) de compréhension du modèle. Une dernière plénière permettait enfin à chaque équipe de communiquer sa classification aux autres.

Les buts visés avec cette approche étaient moins de voir les maîtres arriver à une classification qui coïncide exactement avec la nôtre que de développer chez ces maîtres la capacité d'identifier plusieurs modes de compréhension d'une notion et surtout de les sensibiliser aux multiples processus de pensée utilisés par les enfants. Ces objectifs ont manifestement été atteints comme l'indiquent plusieurs évidences recueillies tout au long de l'expérience à partir de commentaires des étudiants et étudiantes, de ce qu'ils ou elles ont fourni comme travaux - en particulier la réalisation de projets qui constituait la troisième partie du cours - de même que des tests que nous avons effectués et des comparaisons établies avec un groupe-témoin. Ces mêmes évidences confirment la valeur de l'approche mise au point: les enseignants et enseignantes ont effectivement assimilé le modèle, améliorant du même coup leurs connaissances en mathématiques et la perception de leur compétence. Et plusieurs nous ont enfin explicitement affirmé ne plus pouvoir se fier aux seules réponses de leurs élèves pour juger de leur assimilation des notions et concepts.

Une question fondamentale demeurait cependant à la suite de cette expérience, question explicitement posée par Skemp (1981) lors d'une consultation: comment expliquer ces résultats? Qu'est-ce qui a pu les provoquer? D'autant que de leur analyse et de leur discussion émergeaient plusieurs indices, voire des indications d'un changement plus profond encore, au niveau de la vision même que ces maîtres avaient de la discipline mathématique. Ce changement, nous l'avons décrit dans les

termes utilisés à cette époque comme le passage d'une vision d'abord instrumentale (les mathématiques comme collection de règles ou recettes) et formelle vers une conception où les aspects intuitifs et relationnels (où l'accent porte sur les liens entre les notions) étaient davantage mis en relief.

C'est finalement de cette étude exploratoire, des résultats obtenus, des changements observés et des réflexions que tout cela a suscitées qu'ont émergé les idées à l'origine de ce présent travail. Car, nous interrogeant sur ce qui s'est passé dans ce cours, nous avons été amenés à nous pencher aussi sur ce qui se passait ailleurs, dans d'autres cours de formation des maîtres mais également dans les écoles et dans l'ensemble du monde mathématique. C'est ainsi que nous avons identifié les quatre grands problèmes décrits au départ de ce chapitre, que nous en avons précisé la nature, l'origine et les manifestations de même que leur mode de perpétuation.

Le formalisme apparaissant comme l'un de ces problèmes, nous nous sommes penchés longuement sur la philosophie des mathématiques (Dionne, 1982 a et b): d'abord au plan historique pour découvrir comment les conceptions avaient évolué depuis l'époque platoniste de la civilisation hellénistique jusqu'à nos jours, alors que commence à s'atténuer l'influence de cette pensée formaliste et néo-formaliste qui a complètement dominé l'univers mathématique au cours des dernières décennies, présentant l'image d'une mathématique réduite à des manipulations de signes et de symboles, éliminant ce qui touche la signification, l'interprétation qui pourraient conférer un certain contenu à la discipline et n'en conservant que l'aspect d'un langage (Davis et Hersh, 1980; Richards, 1981; Dionne, 1982a). Troublés par la vision des mathématiques ainsi véhiculée, nous l'avons scrutée à partir de la réalité de la pratique mathématique, le travail des mathématiciens et mathématiciennes: pour conclure qu'il existe effectivement une certaine distance - pour ne pas dire un fossé - entre l'image projetée et cette réalité. Car dans son travail quotidien qui est acte de connaissance, le mathématicien ou la mathématicienne a sans cesse recours à des

intuitions, des images, des modèles, il ou elle s'appuie constamment sur le sens qu'il ou elle donne aux abstractions manipulées et c'est sur cette signification tout autant que sur l'aspect formel du produit fini qu'est fondée sa certitude (Dionne, 1982b). Malheureusement, cela n'a pas empêché la vision formaliste d'exercer une influence énorme, en particulier sur le monde de l'éducation où elle est à l'origine de multiples difficultés que nous avons décrites plus haut et qu'il nous faut surmonter si nous voulons améliorer l'enseignement des mathématiques. L'apprentissage a également fait l'objet de réflexions: c'est ainsi qu'a pu être mise en lumière la place prépondérante des théories behavioristes dans les mathématiques faites à l'école et les problèmes, décrits plus haut, issus de cette situation.

Ces réflexions suscitées par l'étude exploratoire et la question de Skemp ont fourni des éléments importants permettant de comprendre une bonne part des résultats obtenus, des transformations observées. Ainsi, avons-nous reconnu que pour faire nous-mêmes les analyses conceptuelles dans le cadre du modèle, nous avons dû reconstruire les concepts étudiés: cette constatation est d'ailleurs, notons-le en passant, l'une des sources de notre réflexion philosophique et de notre étude de la présence du formalisme dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques puisqu'elle nous a amenés naturellement à nous interroger sur les mathématiques comme nous les connaissions jusqu'alors, comme on nous les avait présentées et comme on les présente encore bien souvent à l'école. Les maîtres qui ont participé à ce cours exploratoire ont donc forcément dû, eux aussi, passer par cette reconstruction des concepts, où, par exemple, les aspects intuitifs de la compréhension sont mis en relief alors que les aspects formels n'apparaissent qu'à l'étape finale; ceci est vraisemblablement à l'origine du renouvellement de leur vision philosophique de la discipline mathématique. Cette reconstruction des concepts, avons-nous constaté, a été rendue plus facile par un cadre et une approche où l'attention du maître est centrée davantage sur la pensée de l'enfant que sur la sienne propre de sorte que le travail de reconstruction personnelle s'effectue presqu'à son insu. Et puis, ce travail, intégrant les aspects psychologique, épistémologique et pédagogique à la composante

plus strictement mathématique ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, répond à ses préoccupations immédiates comme enseignant et enseignante d'où, une fois dépassées les anxiétés générées au départ par une approche radicalement nouvelle et donc surprenante, un regard neuf sur l'apprentissage, sur la façon dont l'individu acquiert des connaissances. On le constate, la question posée par Skemp, même si elle ne fait pas directement l'objet de cette recherche, a eu une influence très nette sur nos réflexions.

Les discussions, les analyses, de même que de nouvelles expériences vécues avec d'autres groupes par la suite, ont aussi amenés des modifications à certains éléments de l'approche et des adjonctions d'éléments neufs. C'est ainsi qu'a été éliminée la partie où étaient présentés les différents modèles de la compréhension, l'introduction du modèle retenu de même que les quelques éléments de la théorie piagétienne du développement s'effectuant maintenant à mesure que progresse le travail d'analyse des concepts: ils sont ainsi mieux reçus des étudiantes et étudiantes, leur rôle et place se définissant plus naturellement que lorsqu'ils sont imposés au départ. Le modèle de compréhension lui-même est un modèle passablement modifié appelé "modèle constructiviste". Il a été élaboré par Bergeron et Herscovics à partir d'une critique en profondeur du modèle hybride qui a émergé de l'étude exploratoire (Bergeron et Herscovics, 1981; Herscovics et Bergeron, 1981 et 1982b). Enfin, les enseignants et enseignantes ayant sans cesse manifesté leur désir et leur besoin d'un outil d'évaluation de la compréhension qui se démarque des habituels tests écrits, un tel outil, appelé "mini-entrevue", a été développé par Nantais (1982), Nantais et al. (1982a, b et c, 1983) et la formation des enseignants et enseignantes à l'élaboration d'une telle entrevue et à son utilisation avec les élèves fait maintenant partie intégrante de l'approche que nous proposons.

Les réflexions dont nous venons de faire état, de même que les évidences recueillies lors de notre étude exploratoire, nous permettent de croire qu'avec cette approche, les maitres pourront mieux situer le rôle de la symbolisation en mathématiques, que leur vision philosophique de la

discipline se modifiera pour devenir moins formaliste, certains aspects (intuition, abstraction), autrefois dans l'ombre, étant davantage mis en lumière alors que d'autres aspects (procédures et formalisation), occupant un espace démesuré, se retrouveront à leur plus juste place. Leur vision de l'apprentissage devrait aussi changer, s'ordonner davantage en fonction d'un processus de construction de schèmes conceptuels que de connaissances à transmettre, ce qui devrait également être suivi d'une vision nouvelle de l'évaluation.

Hypothèse de notre travail

Nous avons résumé ces conclusions issues de notre étude exploratoire et des réflexions qui s'en sont suivies en une hypothèse que nous nous proposons de mettre à l'épreuve dans ce travail: une approche de la formation mathématique des enseignants et enseignantes du primaire centrée sur l'analyse conceptuelle à l'aide d'un modèle de la compréhension qui permet d'intégrer les aspects psychologique, pédagogique et épistémologique de l'apprentissage de cette discipline, modifie chez ces maîtres la perception des mathématiques, de leur enseignement et de leur apprentissage.

Cette hypothèse principale se traduit en hypothèses secondaires directement liées aux problèmes exposés dans cette problématique. L'approche décrite ci-dessus amène l'enseignant ou l'enseignante

H1) à se décentrer de la réponse de l'élève pour s'attacher davantage à son raisonnement;

H2) à évoluer vers une perception plus constructiviste des mathématiques;

H3) à évoluer vers une perception plus constructiviste de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques.

CHAPITRE II

RETOUR SUR L'ÉTUDE EXPLORATOIRE

Place de l'étude exploratoire

L'étude exploratoire brièvement décrite au chapitre premier s'est avérée importante, non seulement par les espoirs qu'elle a suscités, mais en même temps - on l'aura sans doute compris - par le rôle déterminant qu'elle a joué dans l'orientation de cette recherche. Car elle a, d'une part, rendu plus nette la conscience que nous avions de l'importance des quatre problèmes chroniques décrits dans ce qui précède. Mais surtout, elle a permis d'élaborer, à partir des évidences de changements observées et recueillies dans les réactions et témoignages verbaux des enseignants et enseignantes participant à l'expérience, une hypothèse qui pourrait contribuer à régler une part de ces problèmes en touchant les éléments fondamentaux que sont la formation et le perfectionnement des maîtres. Aussi vaut-il la peine de revenir sur certains éléments de cette première étude afin de les préciser: nous accorderons une attention particulière à la façon dont ces résultats ont été évalués puisque l'approche retenue s'est avérée déterminante dans les choix méthodologiques qui, par la suite, ont été les nôtres.

Précisons que cette étude exploratoire se situait dans un vaste projet visant l'intégration de la recherche à la formation et au perfectionnement des enseignants et enseignantes, projet élaboré par Bergeron et Herscovics (1980). Parmi les nombreuses publications faisant état de ces recherches, plusieurs (Bergeron et al., 1981; Herscovics et al., 1981; Herscovics et Bergeron, 1982a et 1982b) s'attachent de façon particulière à ce que nous décrivons dans les pages qui suivent et fourniront des détails supplémentaires aux personnes intéressées. Nous y ferons d'ailleurs explicitement référence à quelques endroits.

Buts de l'étude exploratoire

Ainsi que nous l'avons noté au chapitre précédent, l'expérience exploratoire que nous voulons ici décrire visait deux objectifs spécifiques:

- élaborer une méthode adéquate de présentation des modèles de la compréhension aux enseignants et enseignantes du primaire;

- voir dans quelle mesure il était possible de procéder, avec ces maîtres, à l'analyse de notions du programme de mathématiques en s'appuyant sur ces modèles.

Comme les personnes qui ont participé à l'expérience étaient toutes, sauf une seule exception, des femmes, dans la suite de ce chapitre, nous utiliserons le plus souvent le féminin pour les désigner ou les décrire.

Premières conclusions

1. Assimilation et utilisation du modèle par les maîtres

Si l'on se réfère aux buts de cette expérimentation, nous pouvons penser qu'ils ont été atteints de façon satisfaisante et que la méthode d'enseignement développée s'est révélée efficace. En effet, non seulement a-t-elle d'abord permis aux enseignantes de bien assimiler le modèle, ce qui constituait notre premier objectif, mais ces enseignantes ont également pu utiliser le modèle pour analyser les concepts les plus importants du programme de mathématiques du primaire, apportant ainsi une réponse positive à notre seconde interrogation.

Le type de question soulevée au départ de chaque rencontre "que veut dire comprendre tel concept?" rendait les discussions plus faciles, les étudiantes ne se sentant pas évaluées dans ce contexte où, manifestement, on visait la compréhension de l'enfant. La plénière était l'occasion de recueillir de multiples réponses à cette question initiale, réponses qui, si elles n'avaient pas été structurées par la suite, seraient demeurées des connaissances éparpillées et plutôt floues. C'était là l'une des fonctions importantes du modèle, fournir un cadre pour ordonner, structurer les différentes interprétations possibles de la compréhension des concepts abordés.

Pour juger du degré d'assimilation de ce modèle, nous nous sommes arrêtés au nombre de modes de compréhension différents que les maîtres pouvaient identifier à l'aide de critères précis sans que le choix de ces critères ou leur classification sous l'une ou l'autre des rubriques fournies par le modèle doivent nécessairement coïncider avec les nôtres. Cette dernière "non-exigence" s'explique et se justifie facilement: la reconnaissance de différents processus de pensée utilisés par les enfants demeure, à notre avis, nettement plus importante que la connaissance exhaustive d'une liste de critères particuliers, qui a d'ailleurs continué à fluctuer depuis, plus importante aussi que la connaissance de la terminologie employée pour classer ces critères, terminologie qui a aussi changé avec les nouvelles versions du modèle.

Et même en nous arrêtant ainsi au nombre de modes, nous pouvons légitimement conclure que le modèle de la compréhension est, d'une part, à la portée des maîtres et leur permet, d'autre part, de réussir des analyses de concepts. En effet, comme l'indique les rapports d'équipes, les enseignantes ont pu, après quelques semaines, atteindre et maintenir un taux élevé de réussite dans ces analyses. Ce taux dépasse d'ailleurs fortement celui atteint par les gens d'un groupe témoin. Mais c'est le succès remarquable du groupe expérimental dans des tests de transfert qui reflète peut-être le mieux et confirme en même temps le degré d'assimilation du modèle et la capacité des maîtres à l'utiliser pour procéder à des analyses de concepts, particulièrement lorsque ce travail peut être effectué en petites équipes. Dans ces tests, les enseignantes devaient s'appuyer sur ce qu'elles avaient trouvé comme critères de compréhension d'un concept donné pour en élaborer de nouveaux pouvant s'appliquer à un concept voisin de celui préalablement analysé.

2. Méthode d'évaluation

L'élaboration de méthodes d'évaluation des progrès réalisés par les maîtres constituait aussi une de nos préoccupations importantes lors de cette expérimentation. Plusieurs caractéristiques de ce qui a alors été mis au point nous paraissent dignes de mention et - nous l'avons noté au

départ de ce chapitre - se sont par la suite avérées déterminantes dans les choix méthodologiques que nous avons posés pour la présente recherche.

Une première caractéristique fondamentale, c'est que les conclusions tirées de l'expérience s'appuient non pas sur les résultats obtenus à l'aide d'un instrument de mesure isolé mais bien sur la convergence des indications fournies par plusieurs sources distinctes quoique complémentaires: indications issues des rapports d'équipes et de la comparaison avec les réponses fournies par un groupe témoin, d'une part, et de deux tests de transfert, d'autre part. Ces indications ont aussi été corroborées par l'observation des enseignantes tout au long de l'expérience, par les réflexions qu'elles nous ont transmises, soit verbalement, soit dans les projets qu'elles ont eu à mener à terme dans la dernière partie du cours. Ces derniers éléments n'étant guère quantifiables, il a été difficile, voire impossible, de préciser clairement leur rôle et importance, mais leur apport fut certes non négligeable dans l'établissement des convictions exprimées en conclusion.

Une seconde caractéristique touche la quantification. Plusieurs résultats obtenus on été traduits en chiffres: taux de réussite, indice de transfert... Mais l'évaluation des résultats ne s'est pas arrêtée à cette seule quantification, elle a été davantage analyse des idées qu'analyse statistique. Ainsi, si le nombre de modes de compréhension identifiés par l'enseignante nous a servi à juger de l'assimilation du modèle, la pertinence et la précision de ces critères ont été les facteurs importants nous permettant de décider si un mode était ou non bien identifié, sans que pour autant les critères retenus par les maîtres doivent correspondre aux nôtres comme cela a déjà été dit. Par un choix délibéré, on n'a utilisé aucune statistique complexe, aucun de ces tests sophistiqués qui, dans certaines recherches, semblent dire plus que les sujets de l'expérience eux-mêmes. Lorsqu'il y a eu recours aux chiffres, ce fut par souci de clarté, parce que nous sentions qu'un tel recours pouvait mieux rendre compte du résultat ou faciliter une comparaison. Et à chaque fois, une préoccupation demeurait: que le nombre ne vienne pas occulter la réalité mais l'exprime aussi fidèlement que possible. Ainsi eut-il été possible de

définir l'indice dans l'évaluation des tests de transfert comme le rapport entre le nombre de modes identifiés pour la seconde notion (soustraction ou division) et le nombre de modes identifiés pour la première notion (addition ou multiplication), obtenant alors des indices de quatre-vingt-dix-sept et de cent quatre respectivement: chiffres aussi impressionnants que non signifiants puisque l'idée même de transfert aurait alors été oblitérée. Pour que l'on puisse vraiment parler de transfert, il fallait qu'il y ait concordance entre les modes identifiés pour la première et la seconde notion et nous avons tenu compte de cette exigence au moment de quantifier les résultats en un indice acceptable.

Comme on peut le constater, une quantification de ce type se justifie aisément, ajoute à l'évidence; mais les preuves ou indications retenues ne sont pas strictement mathématiques, d'autres éléments plus qualitatifs contribuant à établir les convictions des chercheurs d'abord et de leurs lecteurs ensuite. Les mathématiques viennent simplement participer à cette recherche des convergences mentionnée plus haut, sans occuper indûment toute la place.

Quelques autres résultats

Cette méthodologie, exigeante par la qualité d'écoute et d'attention qu'elle a demandée, s'est par ailleurs avérée prodigue de résultats plus ou moins attendus, fournissant des éléments de réponses à certaines interrogations qui, au point de départ, ne faisaient pas directement l'objet de nos investigations, du moins à court terme. Ainsi que cela est décrit en détails dans les publications mentionnées au départ de ce chapitre, nous avons par exemple pu observer un progrès, à la fois qualitatif et quantitatif, des connaissances mathématiques de nos sujets. De même, nous avons été quelque peu surpris de relever plusieurs indices montrant que les enseignantes se décentraient déjà des réponses des enfants pour s'intéresser davantage à leurs processus de pensée.

Un premier indice nous a été apporté par les analyses de concepts faites en équipes. Ainsi, un grand nombre d'équipes sont

parvenues, sinon à identifier complètement les quatre modes de compréhension pour chacune des notions, du moins à distinguer, par exemple, entre les modes relationnel et instrumental: or, ces modes se distinguent bien souvent par la procédure (par exemple, pour l'addition: compter à partir de un versus compter à partir de l'un des termes) de sorte que pour les séparer, ces enseignantes ont forcément dû s'interroger sur ces procédures et sur les processus de pensée qu'elles mettent en jeu et manifestent à la fois.

Un second indice nous a été fourni par les projets réalisés dans la dernière partie du cours: les enseignantes, regroupées en équipes de deux à cinq personnes, ont suivi l'évolution de la compréhension d'une notion à travers les différents niveaux du primaire en interviewant de un à trois enfants par niveau. C'est en s'appuyant sur les processus de pensée de ces élèves que toutes les équipes ont jugé de leur compréhension.

Enfin, des indications manifestes nous ont été fournies par les réponses à deux questionnaires écrits passés vers la fin du cours. À la question "croyez-vous qu'il soit souhaitable d'utiliser les modèles de la compréhension dans votre enseignement?", les 18 réponses obtenues ont été affirmatives et les raisons suivantes ont été invoquées:

- cela permet de suivre le cheminement de l'enfant dans son raisonnement (5 réponses);
- cela permet de se pencher sur notre façon d'enseigner, d'évaluer et d'aider les enfants (5 réponses);
- oui car on faisait appel à seulement un mode de compréhension (instrumental) (3 réponses).

Cinq répondantes ont simplement répondu "oui" sans expliquer davantage.

Ces réponses ont corroboré celles qui avaient été obtenues deux semaines auparavant aux questions:

- Ce cours vous a-t-il amené(e) à mieux enseigner certaines notions mathématiques?

- Si oui, pouvez-vous décrire les changements apportés dans l'une de vos leçons (par exemple, dans la préparation, dans la façon de questionner les élèves, dans l'interprétation du feed-back reçu dans l'évaluation du travail écrit, ...)?

Vingt-quatre enseignantes sur les vingt-cinq présentes ont rapporté une amélioration de leur enseignement se situant au niveau de la leçon (13 réponses), du questionnement (17 réponses), de l'évaluation (13 réponses) et de la remédiation (10 réponses). Les commentaires suivants communiquent la saveur de ces réponses:

- Maintenant lorsque je prépare une leçon, j'essaie de toucher aux quatre types de compréhension chez l'enfant.
- Souvent en corrigeant le cahier, je demande même à ceux qui ont tout bien.
- Au niveau de la soustraction, j'ai cinq élèves sur vingt-cinq qui savaient le pourquoi du 1 qu'on emprunte. Je n'en revenais pas.
- J'essaie le plus souvent possible de faire expliquer la démarche de l'enfant et ne prend plus ses erreurs pour un signe d'incompréhension totale.

Vers la présente recherche

Cet intérêt déjà manifestement renouvelé pour la pensée de l'enfant ne laissait pas de nous intriguer. D'autant qu'il paraissait s'accompagner d'autres changements profonds constituant autant d'éléments quelque peu inattendus: d'abord au niveau de la vision que les enseignantes avaient des mathématiques, les aspects intuitif et relationnel se voyant reconnaître une place à côté des aspects instrumental ou formel; au niveau aussi de leur perception de leur propre compétence dans cette discipline qu'elles avaient, de leur propre aveu, l'impression de mieux comprendre; et enfin, cela est assez explicite dans les quelques remarques rapportées au paragraphe précédent, au niveau de leur conception de l'enseignement et de l'apprentissage de cette matière. Tout ceci soulevait plusieurs questions qui, nous l'avons déjà expliqué, sont à l'origine du présent travail: est-ce que cette évolution chez les maîtres, évolution dont nous devinions la présence à partir d'observations

plutôt floues et certainement assez peu systématiques, était bien réelle? Ou bien n'était-elle que le fruit d'imaginations trop enthousiastes? Et si cette présence était vraie, comment pouvait-elle s'expliquer?

La réponse la plus plausible à cette dernière interrogation amenée par Skemp ne fait pas directement partie de ce que nous voulons vérifier dans cette recherche mais fournit néanmoins une base théorique à notre travail. Elle reconnaît le rôle capital de l'approche mise au point tout au long de l'étude exploratoire: cette approche intègre les aspects épistémologique, psychologique et pédagogique aux aspects plus spécifiquement mathématiques. Ce qui ne peut que bouleverser les façons de voir de gens qui n'ont guère eu l'occasion de considérer ces connaissances à la lumière de ce qu'ils ou elles avaient par ailleurs appris de la psychologie et de la pédagogie. Or, les concepts mathématiques étaient ici approchés par les voies mêmes de la connaissance qui se construit, de la compréhension qui se développe depuis les images vagues de l'intuition jusqu'à la rigoureuse précision de la compréhension formelle. D'où un regard neuf sur les processus de pensée en mathématiques, sur l'enseignement et l'apprentissage et sur la nature même de la compétence dans cette discipline.

Pour mieux documenter cette réponse, nous avons senti le besoin d'explorer, dans un premier temps, la réalité scolaire et son histoire. Ce fut là l'occasion d'arriver à une conscience plus nette des problèmes qui l'affectent, problèmes dont nous avons pu préciser la nature, l'origine et les manifestations et dont nous avons également scruté les causes de pérennité. Ce qui a, en particulier, amené une meilleure compréhension du rôle très central joué par les enseignants et enseignantes dans toute transformation de l'enseignement des mathématiques: suivant l'attention que l'on accordera à la qualité de leur préparation, ces maîtres seront les freins ou, au contraire, deviendront les éléments moteurs de ces changements. Ceci nous a évidemment convaincu de prolonger notre recherche afin de systématiser nos premières observations et de nous assurer ainsi de la réalité des phénomènes que nous avions cru percevoir: d'où l'élaboration d'une problématique, présentée dans le chapitre premier et des hypothèses de recherche qui y sont avancées.

Afin de compléter cette problématique et de mieux fonder ces hypothèses, nous avons ressenti le besoin d'une réflexion et d'une recherche plus théorique sur les origines des diverses perceptions. Perception des mathématiques d'abord, ce qui nous a amené à regarder l'univers des mathématiques au plan philosophique, mais également au plan pratique, afin de comprendre les différentes conceptions "officielles" que l'on véhicule de cet univers et de vérifier l'adéquation entre ces visions philosophiques et la réalité de la pratique de la discipline. Perception de l'enseignement et de l'apprentissage ensuite, d'où une étude des principales théories actuelles dans ces domaines: nous nous sommes particulièrement arrêtés aux écoles behavioristes et constructivistes dont l'influence sur les mathématiques scolaires a été très marquée. Les résultats de ces réflexions et recherches sont consignés, au chapitre III, dans ce qui constitue notre cadre théorique puisque l'on y retrouve la source et la justification des croyances à la base de notre travail.

Quelques anxiétés générées par l'expérience

Certaines des surprises réservées par l'expérience se sont avérées moins réjouissantes que les premières rapportées ci-dessus. En effet, malgré toutes les précautions prises, certaines formes d'anxiété sont apparues chez les maîtres avec qui nous travaillions: des commentaires issus de sources diverses - confidences de quelques enseignantes, rapport de leur conseiller pédagogique - ont révélé chez plusieurs maîtres la présence de malaises, voire d'une certaine angoisse, qui s'est même manifestée par une crise de larmes chez une de ces enseignantes. Il ne faudrait cependant pas considérer ces malaises comme des éléments trop négatifs: d'abord parce qu'ils se sont résorbés assez rapidement après avoir témoigné de certaines remises en question, douloureuses peut-être, mais utiles et même nécessaires, chez les enseignantes. Et aussi parce que l'analyse des causes de cette anxiété a contribué à l'apport de diverses améliorations au modèle de la compréhension utilisé dans le cours ainsi qu'au contenu même de ce cours.

Trois éléments ont perturbé de façon temporaire les enseignantes:

- le caractère plutôt inhabituel du cours;
- certaines divergences entre le traitement accordé à plusieurs notions dans les manuels et les conclusions pédagogiques auxquelles les avaient amenées les analyses de concepts effectuées dans le cours;
- la découverte de la complexité insoupçonnée de plusieurs notions.

Cependant, comme le rapportent Herscovics et Bergeron (1982a), les craintes ainsi suscitées ont pu se résorber rapidement, à mesure que les enseignantes ont mieux saisi le sens et les buts de la démarche tout en constatant leurs propres progrès aux plans mathématique et psycho-pédagogique. Aussi n'avons-nous pris, ni même senti le besoin de prendre, de mesure spéciale.

Deux autres causes d'inquiétude ont cependant appelé des réactions de notre part qui se sont traduites à moyen terme par des modifications et ajouts au contenu du cours.

Le problème de l'évaluation de la compréhension

Nous avons déjà rapporté comment les enseignantes en sont venues à attacher davantage d'importance aux processus de pensée des enfants, ce qui a posé de façon aiguë le problème de l'évaluation de la compréhension. D'autant plus aiguë que cette nouvelle attitude allait à l'encontre de la longue habitude de ne considérer que les réponses écrites et demandait une forme neuve d'évaluation permettant de reconnaître les processus utilisés. Les enseignantes se sentaient fort démunies face à cette exigence, ce qui n'était pas sans susciter de nouvelles inquiétudes, d'ailleurs maintes fois exprimées par des questions du type "comment être

sûre que la compréhension n'est pas instrumentale?" Il a fallu cinq rencontres pour que les maîtres réalisent que les critères employés pour juger des processus de pensée ne pouvaient fournir que des indications, et non des preuves, sur la compréhension véritablement atteinte par les enfants car le recours à une procédure, même évoluée, peut n'être que le fruit d'un apprentissage instrumental. Seul un questionnement approprié permet d'arriver à une plus grande certitude. Ce fait a finalement été reconnu par les enseignantes comme en témoignent les projets élaborés dans la première partie du cours: c'est à l'aide d'entrevues, préalablement mises au point par leurs soins, qu'elles sont allées étudier la compréhension d'élèves de différents niveaux du primaire en s'attachant plus particulièrement à l'une ou l'autre des notions analysées dans le cadre de nos rencontres.

Cela ne réglait cependant pas le problème d'ordre pratique qui les préoccupait: comment un enseignant ou une enseignante, responsable d'une classe de près de trente enfants, peut-il ou peut-elle s'assurer de la compréhension de chacun d'eux? Les tests écrits ne lui permettent guère de cerner cette compréhension puisqu'ils ne mesurent le plus souvent que le développement des habilités. Que peut signifier, au plan des processus de pensée, une moyenne de quatre-vingt pour cent à un tel test? Très peu de choses, comme l'a douloureusement constaté une des enseignantes participant à notre expérience: elle avait soumis ses élèves à un examen sur la soustraction avec emprunt et le taux de réussite avait précisément atteint ce quatre-vingt pour cent; cependant, interrogeant ensuite les enfants sur ce qu'ils ou elles avaient fait, elle s'est aperçue que la plupart ne parvenaient qu'à lui décrire l'algorithme utilisé sans pouvoir le justifier, sans pouvoir expliquer le "pourquoi" de ce "comment". Ils ou elles avaient maîtrisé la mécanique mais leur compréhension de cette mécanique demeurait malgré tout très superficielle.

Si les tests écrits s'avèrent peu adaptés à l'évaluation de la compréhension, nous sommes ramenés au recours à l'entrevue de type clinique où chaque enfant est interrogé individuellement. Ceci permet de suivre le raisonnement de chacun à partir de ses réponses détaillées, des

explications, tant gestuelles que verbales, provoquées chez lui par des questions et/ou des tâches judicieusement préparées. Mais cette solution demeure toute théorique dans la mesure où elle ne s'arrête guère aux contraintes d'ordre matériel auxquelles l'enseignant ou l'enseignante doit faire face. Ainsi, peut-on s'attendre à ce qu'un maître puisse interroger chacun de ses vingt-cinq ou trente élèves à propos de chaque concept étudié? Est-il réaliste de penser qu'il ou elle puisse consacrer à chacun le temps requis par de telles entrevues et garder simultanément le contrôle sur ce qui se passe dans sa classe, y organiser le travail des enfants, veiller à la discipline? Tout cela sans compter le travail de préparation des entrevues et les analyses qu'elles exigent par la suite.

Il fallait absolument trouver une autre solution, plus réaliste, à ce problème de l'évaluation de la compréhension. C'est ce à quoi s'est employé un membre de l'équipe, Nicole Nantais, appuyée dans cette tâche par les responsables de l'ensemble du projet de recherche, Jacques Bergeron et Nicolas Herscovics. L'outil d'évaluation mis au point s'inspire de l'entrevue clinique mais tient compte des exigences de la réalité de la classe.

La mini-entrevue

Au départ, une constatation: dans toute classe, il arrive très régulièrement au maître de travailler plus particulièrement avec l'un ou l'autre de ses élèves dans le but de préciser une notion, déceler une difficulté ou répondre à une question. Ces interventions sont en général plutôt brèves, ne dépassant guère les cinq minutes et n'empêchent, par conséquent, pas le maître de bien garder sa classe en main. L'idée a donc été lancée de systématiser ce type d'intervention pour créer un nouvel outil d'évaluation répondant à la fois aux besoins et aux contraintes identifiés.

Le terme "systématiser" est ici entendu dans plusieurs sens. Les interventions sont dites "systématisées" d'abord parce qu'elles doivent être soigneusement conçues et planifiées, prenant essentiellement la

forme d'un questionnement standardisé. Elles sont aussi "systématiques" afin que le maître puisse rejoindre chacun des élèves et ce, à l'intérieur d'une période de temps raisonnable, de cinq à dix jours normalement. En effet, si l'on veut parler d'évaluation crédible, l'enseignant ou l'enseignante ne peut plus se contenter d'improviser quelques questions et d'interroger seulement ceux ou celles qui manifestent certaines difficultés. Il lui faut au contraire, voir tout autant "ceux et celles qui ont tout bien" et vraiment découvrir ce qui se cache derrière leurs bonnes réponses. Cela demeure tout à fait réalisable car si les questions sont bien conçues et si chaque entrevue dure en moyenne sept à huit minutes, le maître peut facilement interroger en aparté trois ou quatre élèves quotidiennement et ainsi les avoir tous et toutes interviewés en moins d'une dizaine de jours.

La préparation d'une entrevue, même brève, tout comme l'analyse qu'il faut ensuite faire des réponses obtenues, demande temps et effort. Aussi le ou la responsable doit-il ou doit-elle se limiter aux quelques notions-clefs, heureusement assez peu nombreuses, de son programme et se restreindre à un aspect précis de la compréhension de chacune de ces notions, obtenant ainsi un projet d'évaluation à la fois utile et réaliste.

On le constate aisément, en systématisant de la façon décrite un type d'intervention déjà présent dans le fonctionnement de la classe, on obtient un mode d'évaluation qui se démarque des outils, souvent plus normatifs, que sont les tests ou examens écrits. Cette nouvelle forme d'évaluation conserve plusieurs des caractéristiques fructueuses de l'entrevue clinique: elle permet au maître d'évaluer individuellement chaque enfant, elle s'attache aux réponses verbales et gestuelles des élèves pour en tirer des inférences sur les processus de pensée en jeu. Mais ces caractéristiques de l'entrevue clinique sont enfermées dans un modèle bien particulier d'entrevue où un objectif très précisément défini doit être atteint en un temps limité.

Le nom choisi pour ce nouvel outil, la "mini-entrevue", en rappelle les origines mais souligne en même temps le caractère modeste de son format:

> la mini-entrevue consiste en un dialogue entre l'enseignant et l'élève dans le contexte d'une tâche précise se rapportant à des notions mathématiques déjà enseignées. Il s'agit donc de coordonner le questionnement avec l'activité de l'enfant afin d'éclaircir les procédures qu'il a employées. Même si dans une telle entrevue, un problème donné exige une réponse, celle-ci ne joue qu'un rôle de deuxième plan car c'est la procédure utilisée pour y arriver qui est l'objectif principal.
>
> Si la mini-entrevue est bien un moyen d'évaluation de la compréhension de l'enfant, il n'en demeure pas moins que son but essentiel est de renseigner le maître. Elle lui fournit des informations qui lui permettront de choisir les interventions pédagogiques appropriées pour faire progresser les enfants dans leur apprentissage et aider ceux qui éprouvent des difficultés. Il en résulte que la mini-entrevue est un outil d'évaluation formative (feedback) dans le sens qu'elle nous permet de suivre comment une notion donnée se forme chez l'enfant. Elle n'est donc pas un moyen d'évaluation normative qui ne fait que situer l'élève par rapport à la norme de la classe. (Nantais et al., 1982a, p. 2; Nantais, 1982).

Plusieurs des caractéristiques particulières de la mini-entrevue ont déjà été précisées: elle est de courte durée, de cinq à dix minutes, et doit porter sur l'évaluation de notions-clefs du programme. Puisqu'elle vise un aspect précis de la compréhension d'une notion, sa mise au point exige qu'une analyse préalable de cette notion soit faite par l'enseignant ou l'enseignante de manière à lui permettre de juger convenablement les réponses et explications des enfants.

Au plan technique, la mini-entrevue est essentiellement un questionnement standardisé, c'est-à-dire qu'elle ne comprend que des questions préparées d'avance, les mêmes pour tous et toutes les élèves. Même si ceci apparaît comme une limite sévère, il faut se rappeler que l'on cherche ici à savoir si l'enfant a oui ou non atteint tel ou tel niveau de

compréhension ou s'il ou si elle éprouve des difficultés. Il ne s'agit pas de déterminer qu'elle est la nature précise de ces problèmes, quelles en sont les causes profondes. Une entrevue diagnostique permettra de répondre à ces nouvelles questions pour les enfants chez qui on aura dépisté de tels problèmes mais ce genre d'entrevue prend souvent beaucoup de temps et peut difficilement être menée à l'intérieur d'une classe.

Chacune des questions de la mini-entrevue doit être justifiée: cette rationalisation permet d'éviter les questions inutiles et fournit en même temps une première base pour l'analyse des réponses obtenues. L'emboîtement des questions doit aussi être rationnel et doit s'expliquer à partir de considérations d'ordre épistémologique et psychologique ainsi que par le besoin de valider les réponses à certaines des questions. Car si la brièveté de l'entrevue empêche la validation de chaque réponse, il ne faut pas l'exclure dans tous les cas: ainsi, lorsque l'enfant additionne toujours en comptant à partir de un mais répond "non" à la question "as-tu besoin de compter à partir de un?", il faut prolonger le questionnement et lui demander "peux-tu me montrer comment tu le ferais autrement?". Ceci permet de vérifier s'il ou si elle connaît vraiment une autre procédure.

Comme les processus de pensée des enfants demeurent difficilement identifiables si les questions posées ne font appel qu'aux connaissances mémorisées, il importe de déterminer jusqu'où va la mémorisation de manière à pouvoir la dépasser en interrogeant l'enfant. Enfin, même si la mini-entrevue est utilisée après enseignement de la notion visée par les questions, il demeure essentiel de s'assurer que l'enfant possède les pré-requis nécessaires pour y répondre car il ou elle peut bien ne jamais les avoir maîtrisés complètement ou les avoir oubliés.

Une dernière caractéristique qui mérite notre attention touche l'ordre des questions: à l'encontre des pratiques courantes, dans une mini-entrevue comme dans toute évaluation de la compréhension s'appuyant sur les procédures et stratégies utilisées, les questions doivent être ordonnées de la plus difficile à la plus facile, le contenu du problème posé et le mode de représentation retenu (présence ou non d'objets) déterminant

le niveau de difficulté. Ceci afin d'éviter qu'un problème simple, soluble à l'aide d'une procédure primitive, amène l'enfant à sans cesse chercher à réutiliser cette procédure dans des situations plus complexes, bloquant le recours à des stratégies plus évoluées sur lesquelles il ou elle aurait pu se rabattre si on ne l'avait centré sur la première. Par ailleurs, si les formes d'évaluation plus traditionnelles vont en général du plus facile vers le plus difficile, c'est bien souvent afin d'éviter qu'un échec au départ du test ne décourage l'élève. Mais ici, l'enfant n'est plus une personne seule devant les questions, il ou elle dialogue avec le maître et sa confiance lui vient avant tout de l'attitude de ce maître, de ses réactions qui doivent demeurer positives, encourageantes, même si les réponses entendues ne sont pas toujours celles souhaitées.

Les paragraphes qui précèdent résument l'essentiel des caractéristiques du nouvel outil mis au point pour répondre au besoin des maîtres dans l'évaluation de la compréhension de leurs élèves; cet outil tient compte des réalités du contexte scolaire, des contraintes auxquelles les maîtres sont soumis, de ce que l'on peut légitimement attendre de leur part et de ce qu'il serait utopique de leur demander de faire. Cet outil n'était malheureusement pas disponible au moment de l'expérience exploratoire: nous étions à ce moment quelque peu dépourvus pour répondre aux inquiétudes de nos sujets touchant l'évaluation de la compréhension de n'avons pu que les encourager à interroger les enfants au niveau individuel chaque fois qu'elles en avaient l'occasion, quitte à provoquer ces occasions au besoin. Ce message a été reçu comme en témoignent plusieurs remarques déjà rapportées dont celle de l'enseignante affirmant se sentir obligée d'interroger même les enfants "ayant tout bien".

Depuis nous avons incorporé l'initiation des maîtres à la mini-entrevue à la version initiale du cours: et c'est la nouvelle version ainsi obtenue que nous avons utilisée lors des expérimentations subséquentes, y compris l'expérimentation que nous avons menée pour le présent travail. L'approche utilisée pour cette initiation est simple et respecte les principes constructivistes qui ont guidé notre travail. Dans un premier

temps, il y a présentation de l'outil et de ses caractéristiques, le tout illustré à l'aide d'exemples de mini-entrevues préparées par Nantais, Herscovics et Bergeron (1982b et c). Puis, dans la dernière partie du cours, au moment de la mise au point de leurs projets, les enseignants et enseignantes, regroupés en petites équipes, doivent eux et elles-mêmes élaborer une mini-entrevue portant sur un aspect précis de la compréhension d'un concept mathématique. Chaque équipe rassemble des maîtres d'un même niveau qui doivent choisir un concept dont l'analyse a préalablement été faite dans le cadre du cours, concept qui doit de plus appartenir au programme qu'ils ou elles ont à enseigner à leurs élèves. Ils ou elles vont ensuite expérimenter individuellement leur entrevue avec quelques-uns ou unes de ces élèves et analyser les réponses obtenues pour juger de leur compréhension. De cette manière, c'est par une expérience pratique et non seulement par un regard théorique qu'ils ou elles prennent possession d'un outil qui leur permet de modifier efficacement leur approche de l'évaluation.

Problèmes liés au modèle de la compréhension

La dernière source d'anxiété que nous avons pu identifier était reliée au modèle même de compréhension sur lequel s'appuyait notre approche. Ce modèle était loin d'être parfait - il est vrai qu'un modèle demeure toujours perfectible - et la difficulté d'interprétation des différents modes de compréhension le composant, a été à l'origine de multiples confusions: ainsi nous avions choisi divers critères pour caractériser chacun de ces modes mais plusieurs enseignantes ont regroupé ces critères très différemment de nous, les confusions les plus fréquentes se retrouvant entre les modes intuitif et instrumental de même qu'entre les modes relationnel et formel.

Ce n'étaient pas là un problème bien grave dans la mesure où, cela a été maintes fois précisé, l'important n'était pas de voir les enseignantes arriver à notre classification. D'autant que nous étions conscients de la présence des faiblesses dans ce que nous avancions: nous n'allions donc pas juger sévèrement une proposition sous prétexte qu'elle

différait de celles que nous avions préalablement élaborées pour nous-mêmes. Mais ce problème a été aggravé, au point d'inquiéter les maîtres qui ne comprenaient plus toujours très bien ce que nous faisions, par l'évolution constante du modèle tout au long de l'expérimentation, évolution provoquée par les discussions entre nous et avec les maîtres et qui nous ont progressivement amenés à une conscience plus nette de la présence de failles, voire de contradictions à l'intérieur du modèle.

Précisons cela: après avoir brièvement présenté quelques modèles comme ceux de Bruner ou de Skemp lors des premières rencontres, nous avions retenu le modèle du tétraèdre comme base de notre travail. Or ce modèle, s'il s'est avéré raisonnablement adéquat pour décrire la compréhension qui intervient dans la résolution de problèmes, s'est révélé moins bien adapté à mesure que le besoin de critères permettant de décrire la construction de schèmes conceptuels s'est fait ressentir. La génération graduelle de tels critères, qui sont venus s'ajouter à ceux déjà présents, a peu à peu transformé le modèle initial du tétraèdre en un nouveau modèle baptisé modèle hybride par la suite. Hélas, tout en employant les nouveaux critères, les enseignantes n'étaient pas conscientes que ceux-ci s'intégraient dans un nouveau modèle. Ainsi, la définition de compréhension instrumentale (des règles sans raison) retenue au départ a été élargie par l'adjonction d'un critère: la première quantification d'un concept. Cette extension ne leur ayant malheureusement pas été communiquée de façon suffisamment explicite, les maîtres ont maintes fois interprété ce dernier critère comme signe d'une compréhension intuitive. De même, elles ont fréquemment confondu les modes relationnel et formel parce qu'elles interprétaient "relationnel" comme traduisant la "relation" entre l'expression symbolique d'une notion et sa représentation par l'action ou l'image.

Pour mieux comprendre ces transformations, une parenthèse importante s'impose ici où nous décrirons le modèle de la compréhension sur lequel nous avions au départ fondé cette étude exploratoire. Nous présenterons ensuite son évolution vers le modèle dit hybride et ses

descendants, dont le modèle "constructiviste" sur lequel s'appuie le présent travail.

1. Le modèle du tétraèdre de Byers et Herscovics

Le modèle du tétraèdre se fonde sur deux modèles élaborés respectivement par Bruner (1960) et par Skemp (1976). Les jugeant complémentaires, Byers et Herscovics (1977) les réunissent en un seul dans lequel ils tiennent compte de la distinction entre le contenu, les idées mathématiques, et la forme c'est-à-dire leurs représentations. Quatre modes de compréhension sont retenus:

- la compréhension instrumentale qui se manifeste par la capacité à appliquer à la solution d'un problème une règle appropriée, apprise par coeur, sans savoir pourquoi la règle fonctionne;

- la compréhension relationnelle qui se manifeste par la capacité à déduire des règles ou des processus spécifiques à partir de relations mathématiques plus générales;

- la compréhension intuitive qui se manifeste par la capacité à résoudre un problème sans analyse préalable de celui-ci;

- la compréhension formelle qui se manifeste, selon le cas,

  . par la capacité à relier les symboles et la notation mathématique aux idées mathématiques pertinentes;

  . par la capacité à combiner ces idées dans un enchaînement de raisonnements logiques.

C'est là le modèle du tétraèdre sur lequel nous avions au départ fondé notre approche. Il a été ainsi baptisé parce que ses auteurs considéraient la compréhension d'une notion mathématique en un instant donné comme

une combinaison des quatre modes décrits et représentaient donc cette compréhension par un point à l'intérieur d'un tétraèdre dont chacun des sommets correspondait à l'un des modes.

2. Le modèle hybride

On le constate aisément, les critères proposés ici portent essentiellement sur l'emploi de règles ou sur la résolution de problèmes. Or, dans le contexte scolaire, l'utilisation de règles ou la résolution de problèmes s'inscrivent dans des champs d'activités déterminés comme l'arithmétique, la géométrie, la mesure et s'appuient sur des schèmes conceptuels précis. Ainsi, les algorithmes de calcul arithmétique se fondent tous sur le schème de la notation positionnelle; de même, la résolution de problèmes non triviaux, comme le calcul de l'aire d'une figure plane non familière, exige la conceptualisation préalable de la notion d'aire.

Pour décrire adéquatement la compréhension de tels schèmes conceptuels dont la construction par l'élève devrait constituer la principale préoccupation des maîtres, il fallait donc compléter ou modifier le modèle du tétraèdre dont l'évolution s'est amorcée au moment de l'expérience exploratoire. C'est ainsi qu'au chapitre de la compréhension intuitive se sont ajoutés de nouveaux critères comme la perception et l'estimation visuelles - la comparaison de quantités en est un exemple - et l'action primitive sans quantification, comme les gestes de réunir ou d'ajouter, si on pense à la compréhension intuitive de l'addition.

De la même façon, il a fallu adapter les descriptions des modes instrumental et relationnel: car dans le contexte de la formation de concepts, l'emploi de règles et de procédures n'apparaît plus comme un but en soi mais comme un moyen utilisé dans l'élaboration de nouvelles notions mathématiques. Aussi a-t-on prêté au mode instrumental le double sens de mémorisation et de procédure initiale menant à une première construction du concept: par exemple, toujours dans le cas de l'addition, la procédure qui consiste à réunir deux ensembles d'objets et à

les compter à partir de un. Le mode relationnel s'est également vu attribuer un double sens: celui de justification, déjà présent chez Skemp, et celui de liens et relations menant à l'invariance et à la réversibilité; ainsi, pour l'addition, réunir et compter à partir du premier terme peut indiquer une certaine conservation du nombre. Enfin, en ce qui touche la compréhension formelle, la première partie de la description donnée par Byers et Herscovics a été retenue sans modification alors que la seconde partie a été interprétée dans le sens de justification logique plutôt que dans celui de preuve formelle.

2. Critique du modèle hybride

C'est là le modèle hybride qui a peu à peu émergé à mesure que progressait l'expérimentation pour, hélas, s'avérer très ardu à utiliser: nous avons déjà évoqué les confusions que sa venue, résultat d'une évolution trop souvent implicite, a provoqué chez les enseignantes. Même ses créateurs, Herscovics et Bergeron, ont trouvé son application difficile et ont finalement relevé trois contradictions majeures qui y apparaissent (Herscovics et Bergeron, 1982b):

- la première touche le mode instrumental sous lequel était classée toute chose apprise par coeur sans qu'intervienne le raisonnement. Or, rapportent Herscovics et Bergeron (1982b), "comme la compréhension implique nécessairement les processus de pensée, toute mémorisation d'où le raisonnement est absent peut difficilement être qualifiée de compréhension" (p. 582);

- la seconde fait intervenir les modes instrumental et relationnel. Considérons l'enfant qui, pour additionner, regroupe les objets et les compte en commençant à un: sa compréhension est instrumentale dans la mesure où elle se manifeste dans une procédure initiale mais elle peut en même temps être relationnelle si l'enfant peut la justifier. Cet exemple montre bien qu'un modèle de la compréhension

qui utilise à la fois un critère basé sur une procédure et un autre reposant sur la justification de cette procédure peut facilement amener des évaluations contradictoires: car si toutes les procédures peuvent être apprises par coeur, toutes peuvent également être expliquées. Et si, par ailleurs, la justification manifeste pensée et raisonnement, elle appartient à tous les types de compréhension et ne saurait être rattachée à un mode particulier"

- la troisième contradiction touche les modes relationnel et formel. "Dans le modèle, (rapportent Herscovics et Bergeron, 1982b), la justification a servi de critère au mode relationnel. Cependant, comme déjà mentionné, toute justification fait appel à la logique de l'enfant et peut même révéler une combinaison d'idées mathématiques en un enchaînement de raisonnements logiques. Il en découle donc qu'un même indice de compréhension peut être qualifié à la fois de relationnel et de formel" (p. 582).

Ces contradictions, précisent Herscovics et Bergeron (1982b), proviennent de la greffe, sur le modèle du tétraèdre, des critères nécessaires à l'analyse conceptuelle: ces greffes l'ont transformé en un hybride qui, comme l'a très justement souligné Skemp (1981), cherche à décrire à la fois les divers états de la compréhension et la construction de cette compréhension. On comprend mieux alors les confusions qui se sont produites et les autres difficultés rencontrées dans son utilisation de même que les inquiétudes engendrées chez les enseignantes par ce qu'elles ont sans doute perçu, à certains moments, comme un manque de cohérence.

Ces craintes se sont assez vite résorbées lorsque les enseignantes se sont rendues compte que malgré les imperfections manifestes du modèle, une analyse de la compréhension des enfants demeurait possible. Et qu'une telle analyse, même imparfaite, pouvait être utile à l'enfant et au maître qui voulait mieux l'accompagner dans l'élaboration de ses connaissances. Cette constatation est à l'origine d'une

de nos convictions touchant le rôle du modèle dans l'approche: ce rôle est fondamental puisque toute la réflexion s'appuie sur sa présence. Par contre, un modèle autre, différent de celui utilisé mais qui met tout autant l'accent sur la façon dont la connaissance s'élabore, provoquerait sans doute les mêmes effets: en ce sens, l'une des caractéristiques importantes de notre approche, c'est moins un recours à un tel modèle en particulier que la présence d'un modèle qui fournit un cadre à la réflexion. Et nous en voulons comme preuve les faiblesses de notre modèle qui n'ont tout de même pas empêché de multiples changements heureux de survenir chez nos enseignantes.

Par contre, un meilleur modèle, plus spécifiquement adapté à la formation de concepts qui s'est ici révélée une activité mathématique fort différente de la résolution de problèmes ou de l'élaboration de preuves logiques, pourraient rendre ces changements plus faciles en diminuant notamment une part des angoisses qui les accompagnent. Poussés par cet espoir, forts des résultats encourageants déjà obtenus et avec la certitude que plusieurs des critères ajoutés pour constituer le modèle hybride, comme par exemple la compréhension intuitive prise dans le sens de connaissances informelles ou la compréhension relationnelle mise en évidence par des propriétés d'invariance et de réversibilité, pouvaient être retenus pour décrire l'évolution de compréhension dans la construction de schèmes conceptuels, Herscovics et Bergeron (1982b) ont élaboré et expérimenté un nouveau modèle de la compréhension qu'ils ont baptisé modèle constructiviste.

4. Le modèle constructiviste de Bergeron et Herscovics

S'inspirant de l'épistémologie génétique de Piaget pour analyser les concepts enseignés au primaire, et s'appuyant sur les recherches récentes, tant européennes que nord-américaines sur les concepts enseignés au primaire, ce modèle décrit quatre niveaux de compréhension: la compréhension intuitive, la compréhension procédurale, l'abstraction et la formalisation. Suivant ce modèle,

- la compréhension intuitive se manifeste par des connaissances "informelles" qui se caractérisent par des pré-concepts ou une pensée basée sur la perception visuelle ou des actions primitives non quantifiées qui se limitent à des estimations rudimentaires;

- la compréhension procédurale, aussi appelée mathématisation initiale dans une première version du modèle, se manifeste par l'acquisition d'une procédure qui, en coordonnant les connaissances intuitives et certains pré-requis, forme une première construction d'une notion;

- l'abstraction d'une notion se manifeste soit par sa généralisation, soit par sa conservation qui reflète l'invariance de l'objet mathématique, ou encore par la réversibilité des transformations;

- la formalisation se manifeste, selon la notion traitée, soit par l'utilisation du symbolisme, la validation logique d'opérations ou la découverte d'axiomes. Mais dans tous les cas, ce niveau présuppose que l'abstraction a été faite.

Ce que décrivent ici Herscovics et Bergeron (1982b), ce ne sont plus des modes mais bien des niveaux de compréhension qui constituent autant d'étapes successives s'emboîtant les unes dans les autres à mesure que s'élaborent les schèmes conceptuels. On n'a qu'à considérer l'application que les auteurs font de leur modèle au concept de nombre (Herscovics et Bergeron, 1982b, p. 588 et suivantes) pour saisir à quel point ce modèle se démarque des précédents sur ce plan; il s'attache à la croissance et à la structuration des connaissances et ne se contente pas de simplement présenter différentes manières de comprendre. Cette caractéristique le rend particulièrement intéressant pour le ou la pédagogue dont le rôle est justement d'aider l'enfant dans l'acquisition de ses connaissances: sans constituer un modèle didactique au sens strict, il

peut tout de même orienter les maîtres dans leur tâche, les guider dans leurs interventions auprès de l'enfant.

C'est ce nouveau modèle que nous avons utilisé au moment de réaliser la partie expérimentale de cette thèse. Précisons tout de suite qu'il ne s'agit pas là d'une version définitive: au contraire, le modèle a évolué depuis, certaines modifications importantes ont été apportées à la description des différents niveaux qui le composent même si les grandes étapes de l'évolution de la compréhension ici présentées ont été conservées (Herscovics et Bergeron, 1983 et 1984; Nantais et al., 1984). Mais nous avions déjà, avec cette première version, un modèle plus cohérent et mieux adapté que le modèle hybride, à la fois à la description de la formation des schèmes conceptuels et à l'utilisation que nous voulions en faire dans le cadre d'un cours de perfectionnement.

En guise de conclusion

Comme on a pu le constater en lisant la description qui précède, cette expérience exploratoire aura eu une influence énorme sur notre travail. Elle a d'abord été l'occasion d'élaborer une approche fort efficace, grâce à laquelle les maîtres ont assimilé un modèle de la compréhension et ont également réussi à l'utiliser pour effectuer de pénétrantes analyses de concepts. C'est cette approche que nous avons conservée, à quelques suppressions près, comme l'élimination de la partie théorique de départ, et quelques enrichissements près, au moment de mener la présente recherche. Nous avons de même retenu, au niveau méthodologique, les grandes caractéristiques des méthodes d'évaluation des progrès réalisés par les participantes à cette première expérimentation: cette évaluation reposait sur la recherche des convergences d'indications fournies par plusieurs sources distinctes, recherche où les aspects qualitatifs se voyaient reconnaître autant d'importance que les aspects quantitatifs.

Mais ce sont peut-être les résultats imprévus de cette recherche exploratoire qui ont le plus marqué la suite de nos travaux. Résultats heureux comme l'observation d'une amélioration de la

compétence des maîtres et de leur perception de cette compétence, la manifestation d'un intérêt accru pour les processus de pensée de leurs élèves, la manifestation aussi d'une vision renouvelée à la fois des mathématiques, de l'enseignement et de l'apprentissage de cette discipline. Résultats moins heureux comme la présence des différentes engoisses que nous venons de décrire. Tous ces résultats ont amené certaines modifications dans ce que nous avons choisi de proposer aux maîtres: l'adjonction de la formation à la mini-entrevue au contenu du cours ou l'utilisation d'un nouveau modèle de la compréhension sont des exemples de telles retouches.

Mais ces résultats ont également provoqué une intense réflexion dont on retrouve l'écho dans le chapitre de problématique: c'est ainsi qu'ont été dégagés les grands problèmes qui y sont décrits, que nous en avons considéré plusieurs facettes dont celle, fondamentale, de leur pérennité, pour enfin élaborer l'hypothèse que nous voulons mettre à l'épreuve dans cette thèse. Cette réflexion a également eu des côtés plus théoriques, amenés notamment par la question de Skemp sur les causes du changement observé chez nos enseignantes: ces réflexions déjà évoquées, si elles ne font pas directement partie des hypothèses à vérifier dans ce travail, ont malgré tout une importance qui nous paraît non négligeable et dont nous voulons rendre compte dans le chapitre qui suit, chapitre où est exposé notre cadre théorique.

CHAPITRE III

CADRE THÉORIQUE

Nous évoquions, dans les dernières lignes du chapitre précédent, les réflexions théoriques suscitées par l'étude exploratoire et l'importance que nous leur accordions. Ces réflexions sont évidemment liées aux changements observés chez les enseignantes avec lesquelles nous travaillions, changements décrits comme une évolution vers une perception plus constructiviste des mathématiques et de l'apprentissage de cette discipline. La question posée par Skemp (1981) sur les causes de ces changements nous ont amené à scruter non seulement l'univers mathématique comme tel et les théories d'apprentissage qui dominent l'enseignement de cette discipline mais également la philosophie des mathématiques. Car, qui aborde ainsi le problème de la perception ou de la conception d'une discipline touche une question essentiellement philosophique, celle de la nature même de la discipline visée: adhérer à une conception d'un domaine comme les mathématiques, c'est implicitement ou, ce qui est plus rare, explicitement reconnaître quel est son objet et sa méthode, préciser le type de connaissances qui le constitue et la façon dont ces connaissances sont acquises et porter simultanément un jugement sur le sens et la valeur de ce corpus de connaissances. Ce sont là des questions arduës, d'où la rareté évoquée des prises de positions explicites. Même ceux qui font des mathématiques leur activité quotidienne ne s'interrogent guère sur la nature de cette discipline: est-elle pure création de l'esprit humain ou bien existe-t-elle dans quelque domaine idéal où cet esprit humain la découvre par bribes? Comment les mathématiciens et mathématiciennes arrivent-ils ainsi à parler de choses que jamais personne n'a vues comme les espaces à plus de trois dimensions et à les comprendre aussi bien, sinon mieux, que des objets concrets de la vie quotidienne? Quel type de certitude atteint-on en mathématiques et quelle est la source et le fondement de cette certitude? Comment par exemple expliquer que la géométrie d'Euclide conserve toujours sa place dans l'univers de la connaissance alors que la physique aristotélicienne a depuis longtemps perdu toute valeur?

Les réponses à de telles questions se traduisent chez la plupart par des visions floues plutôt que dans des conceptions bien définies. Visions floues peut-être mais qui, si l'on s'arrête au monde de l'éducation,

ne s'en avèrent pas moins souvent des facteurs décisifs dans les choix didactiques qui sont posés et dans les attitudes et comportements entourant ces choix. René Thom (1973) le reconnaît: "qu'on le veuille ou non, toute pédagogie des mathématiques quelque peu cohérente s'appuie sur une philosophie des mathématiques" (p. 204, traduction libre). Malheureusement, rappelle Otte (1979), cette philosophie n'est pratiquement jamais abordée en didactique des mathématiques, non plus que dans la formation des maîtres. Les enseignants et enseignantes n'ont donc le plus souvent que leurs visions floues auxquelles se raccrocher et ne sont guère armés pour adhérer sciemment ou, au contraire, résister à la philosophie dominante, surtout si celle-ci demeure implicite. Il n'est qu'à se remémorer les problèmes rapportés au chapitre premier pour s'en convaincre.

Notre travail visant à juger de l'évolution de ces perceptions chez les maîtres, nous avons, dès le départ, ressenti un besoin impérieux de préciser différentes conceptions des mathématiques en réfléchissant aux questions posées plus haut, de dégager les caractéristiques dominantes des philosophies qui se profilent derrière l'univers mathématique et de dégager aussi les liens existant entre ces philosophies et la pratique de la discipline mathématique. Cela nous a conduit à la publication de deux articles (Dionne, 1982a et 1982b) que l'on pourra retrouver dans le Bulletin de l'Association Mathématique du Québec, et dont nous résumons, dans la première partie de ce chapitre, les conclusions les plus importantes pour la suite de ce travail. Deux sources principales, en plus de nombreuses discussions avec des mathématiciens, des didacticiens et des didacticiennes, ont contribué à alimenter nos réflexions: un texte pénétrant du philosophe John Richards (1981), Epistemology and Mathematical Proof, où celui-ci propose un programme neuf aux philosophes qui scrutent la connaissance mathématique et le magnifique livre de Davis et Hersh (1981), The Mathematical Experience, où les auteurs décrivent l'univers mathématique en s'appuyant à la fois sur son histoire, ses philosophies de base et la pratique de la discipline. Une deuxième partie où sont considérées les théories d'apprentissage qui ont le plus influencé et influencent encore l'enseignement des mathématiques vient compléter ce chapitre.

Regard sur la philosophie et la pratique des mathématiques

Si nous voulions caractériser en quelques mots la philosophie des mathématiques et son évolution dans l'histoire, depuis l'époque de la civilisation hellénistique jusqu'à la période contemporaine, nous pourrions la présenter comme une longue quête de certitudes qui, l'une après l'autre se sont avérées illusoires, sans fondement véritable.

La première de ces certitudes perdues - avec l'émergence des géométries non-euclidiennes - fut celle de l'adéquation entre mathématique et réalité. Perte d'autant plus troublante que les mathématiques sont toujours considérées - rôle auquel on reconnaît chaque jour une importance nouvelle - comme un outil efficace de modélisation, fournissant un pouvoir véritable sur le monde réel. Perte douloureuse aussi car elle marquait également la disparition d'une certitude de vérité absolue et objective atteignable par la raison. C'est la validité de notre connaissance qui se voyait ainsi remise en cause par ces interrogations sur, d'une part, la correspondance entre les modèles mathématiques et la réalité et sur, d'autre part, l'aptitude de la raison à appréhender la vérité au-delà des apparences, opinions et illusions en s'appuyant sur des vérités premières évidentes et en utilisant des procédés déductifs rigoureux. L'intuition mathématique et la rigueur du raisonnement ne nous assurait plus d'une connaissance certaine et définitive puisque, par exemple, des géométries aussi opposées que celles d'Euclide et de Riemann pouvaient exister côte à côte - se garantissant mutuellement une consistance relative - alors qu'en analyse, on parvenait à construire des courbes remplissant l'espace, ce qu'intuitivement on avait toujours tenu pour impossible. Restait l'espoir d'une certitude de cohérence: peut-être pourrions-nous nous assurer que nos raisonnements mathématiques ne s'avèrent pas contradictoires. Espoir vite déçu avec la démonstration des théorèmes de Gödel qui marquait l'échec du programme formaliste de Hilbert.

Cette longue quête avortée a conduit à un double désenchantement puisque, d'une part, on ne pouvait fonder de certitude mathématique sur la façon dont l'esprit humain crée ou découvre les mathématiques alors

que, d'autre part, l'édifice mathématique paraissait rupturé, éparpillé: au lieu d'un fondement unique sur lequel on aurait pu l'asseoir, on avait plutôt obtenu une collection de bases partielles, chacune ne pouvant assurer qu'un morceau de l'ensemble.

De ces échecs et désenchantements a émergé une doctrine formaliste renouvelée, doctrine parfois qualifiée de "néo-formaliste" (Dionne, 1982a et b) pour la distinguer du formalisme défini par Hilbert. Ce "néo-formalisme" qui, au niveau philosophique du moins, a depuis lors dominé l'univers des mathématiques doit se comprendre comme une tentative de réunification de l'édifice mathématique autour de l'aspect logico-déductif auquel il assimile la discipline: pour arriver à cette unité nouvelle, le formalisme d'aujourd'hui élimine, en les reléguant dans le monde méta-mathématique ou extra-mathématique, tous les aspects suggestifs, ce qui touche l'acte de connaissance, de création ou de découverte, les questions d'interprétation, de signification et de vérité, pour faire de la mathématique la science de la déduction formelle. Il n'y a donc plus, à l'intérieur de la discipline, plusieurs interprétations possibles, plusieurs vérités, puisqu'on n'y conserve que la méthode logico-déductive et des objets mathématiques dont seule la structure formelle importe; bien sûr parle-t-on encore de construction mathématique mais l'expression devient statique: il s'agit de l'objet structuré, achevé, par opposition au terme construction entendu dans le sens dynamique d'acte de construire. On le constate, cette orientation se traduit par une objectivation de la discipline et ce, dans un double sens:

- objectivation comme quête d'une mathématique objective, de laquelle on écarte les aspects subjectifs comme les intuitions, les représentations, les interprétations et, d'une façon générale, tous les éléments de l'acte de connaissance, de l'acte du sujet qui se bâtit cette connaissance;

- objectivation aussi par l'établissement d'une primauté de l'objet mathématique figé dont on peut alors plus facilement considérer toutes les propriétés, vérifier chaque composante.

On se retrouve donc très loin de la mathématique comme elle est créée ou inventée, très loin de la pratique quotidienne du "faiseur" de mathématiques et de sa "logique de création" qui s'avère par ailleurs difficile à cerner à l'intérieur des schèmes entourant généralement le terme "logique". La première caractéristique de cette logique de création est sa subjectivité: ainsi, le dénombrement et l'arithmétique peuvent s'explorer à partir de questions différentes et suivant des voies multiples. Par exemple, sur le simple plan matériel, on aura recours à des cailloux, des abaques, au duo crayon-papier, à des calculatrices, etc... Le choix du matériel, les questions qu'il se pose, ces éléments et bien d'autres conduiront l'individu à une relation particulière avec les nombres naturels et entiers, développeront chez lui un "sens" personnel de ces nombres. Comme on retrouvera chez d'autres individus, des "sens" particuliers de l'espace, du mouvement, voire de l'esthétisme mathématique! Que représentent ces "sens"? La réponse ici est loin d'être claire. Mais, dans le processus de création ou de découverte, ils se manifesteront par des raisonnements parallèles, la reconnaissance d'analogies imprévisibles ou, en tout cas, imprévues, l'établissement de relations inédites, surprenantes et qui, à prime abord, sembleront parfois farfelues avant de s'avérer éclairantes et fécondes. Comme le sont images et intuitions: Hadamard (1949), cherchant à savoir, dans un sondage informel, comment pensent mathématiciens et scientifiques dans leur travail, rapporte que, pratiquement tous évitent non seulement le recours à des "mots intérieurs" ou "mots mentaux" mais évitent aussi l'utilisation mentale de signes trop précis, signes algébriques en particulier. Ils utiliseront plutôt des images "vagues". Ces images mentales des mathématiciens qui lui ont répondu, ajoute-t-il, sont le plus fréquemment visuelles mais seront parfois de types différents - cinétiques par exemple. Il suffit d'évoquer ici l'idée de fonction continue ou celle de limite...

Dans ce monde de la découverte, qui a été scruté dans des contextes variés par Wertheimer, Poincaré, Bachelard, Bruner et d'autres dont la pensée nous a ici fortement influencés, nous serons bien souvent conscients de la question qui se pose ou du problème à résoudre mais nous pourrions très difficilement expliquer comment réponse ou solution sont

venues à notre esprit: il ne faudrait pas en conclure que les mathématiques arrivent toujours subitement, achevées et complètes, sans que la conscience et la volonté de celui ou celle qui les crée ou les découvre y soient pour quelque chose. Au contraire, quiconque a été confronté à un problème ardu ou à une question difficile sait que l'on retrouve dans cette démarche une bonne part de travail conscient, souvent pénible, tâtonnant, voire désespérant à certains moments. On considérera alors la question globalement puis on se lancera dans une analyse de ses composantes. On tentera de bâtir une démonstration puis un contre-exemple. Certains ou certaines appliqueront la méthode heuristique de Polya... Dans certains cas, cela suffira, la solution sera construite peu à peu, émergeant de cette recherche laborieuse. Mais si le problème est plus complexe, ce travail patient n'aboutira pas aussi "facilement" et ne constituera qu'un premier épisode de la démarche, l'occasion d'amasser des éléments à partir desquels pourra éventuellement s'élaborer la solution. Après un certain temps, viennent l'ennui ou les distractions, la capacité de concentration s'effrite et le problème est abandonné... en apparence du moins. Car la tension intellectuelle demeure forte et dans l'inconscient, les éléments déjà assemblés continuent à vivre, manipulés, combinés de diverses façons... Bien souvent - expérience rapportée par Poincaré - le fruit de ce travail inconscient apparaît tout à coup dans le champ de la conscience alors même que l'on peut être occupé à toute autre chose: brusquement, la réponse tant cherchée et attendue est là, quasiment toute faite, avec une évidence qui surprend et réjouit à la fois. Et souvent émerge, en même temps que cette réponse, sa démonstration ou sa preuve: non seulement on sait subitement que la réponse est telle, mais aussi pourquoi elle doit être telle. Évidemment, cette démonstration sera parfois assez éloignée des automatismes de la déduction formelle, rarement symbolique, plus ou moins rigoureuse et, en général, incomplète.

Nous entrons alors dans le deuxième volet, celui de la logique reconstruite, domaine d'une plus grande rigueur et d'une plus grande objectivité, étape de l'examen conscient et rigoureux des résultats obtenus des épisodes précédents afin de les accepter, de les rejeter ou encore de les modifier, pour ensuite pouvoir les partager avec autrui et, de ce fait,

les soumettre à la critique. Il importe ici de saisir que cette logique reconstruite, loin d'être le coeur de l'acte de connaissance, est essentiellement une "logique d'un deuxième temps", une réflexion (au sens d'un retour) sur le travail de découverte ou de création afin de le réorganiser dans le double but déjà mentionné de certitude et de communication. D'une certaine façon, à travers ces deux objectifs, la logique reconstruite vise à établir le caractère scientifique des créations ou découvertes mathématiques, à s'assurer de leur reproductibilité. Nous retrouvons là le sens de l'unité cherchée dans la discipline: arriver à des conclusions qui dépassent les simples opinions, qui ne soient pas simplement objets de discussion. D'où la nécessité de les affranchir des aspects subjectifs ou plus individuels, des intuitions, images ou "insights" de la logique de la découverte, en somme de tout ce qui pourrait être une quelconque source d'ambiguité. On arrive effectivement ainsi à un objet mathématique "scientifique" mais cet objet est du même coup désincarné, dépouillé des aspects qui pourraient rendre la discipline plus signifiante, ses raisonnements plus parlants. Somme toute, les mathématiques qui émergent de la logique reconstruite sont essentiellement un produit final, l'aboutissement d'une démarche et non cette démarche dans son intégrité. On y retrouve plus un objet abstrait qu'un exemple de pensée mathématique, une construction statique, détachée de la dynamique qui a conduit son érection.

L'approche philosophique des formalistes, mystique et mystifiante dans la mesure où elle est infirmée de multiples façons par la réalité de la pratique de la discipline, revient à privilégier un aspect, celui de la reproduction ou de la présentation des notions ou concepts aux dépens de l'aspect génération et construction de ces mêmes notions ou concepts. Le désir ou le besoin de réunifier l'édifice mathématique a amené une primauté absolue de l'aspect objectif, c'est-à-dire de ce qui rend la mathématique communicable et vérifiable au seul niveau où une unité complète puisse se refaire. La mathématique du second temps, celui de la validation, en est ainsi venue à occuper toute la place, l'autre aspect étant relégué dans l'ombre. Au niveau de leurs écrits, les mathématiciens et mathématiciennes ont, dans une large mesure, cessé de reconnaître la

valeur fonctionnelle de ce qui appartient aux chemins de la connaissance et exagéré la valeur de l'aspect second, de cette logique du deuxième temps comme si elle était celle du fonctionnement de l'esprit humain.

Conception philosophique et didactique des mathématiques

Cette perspective paraît peu attrayante au plan de la didactique des mathématiques, elle arrive difficilement à inspirer qui veut enseigner ou étudier les mathématiques. Nous l'avons vu, plutôt que de proposer une vision dynamique et évolutive de cette discipline, le formalisme est l'expression même du désenchantement issu des déboires d'une quête avortée de certitude qui a conduit à l'éclatement d'un univers qui paraissait jusque là solide dans son unité. Il est issu de l'histoire des mathématiques mais aussi en réaction contre cette histoire: un peu comme si, persuadé d'arriver à cerner et à occuper un vaste territoire, on avait vu, au moment de s'en assurer, ce domaine se fractionner au point de ne réussir qu'à s'en approprier un champ étroit et que, dépité, on avait décidé de refaire artificiellement l'unité en limitant à ce champ le domaine officiellement reconnu des mathématiques, en y enfermant par voie d'autorité, l'essence de la nature de cette discipline.

Cette vision étriquée et réductionniste n'est peut-être guère stimulante pour l'enseignement et l'apprentissage mais il n'empêche, nous l'avons reconnu avec maints auteurs, que l'influence de cette pensée philosophique demeure forte en éducation et ce, depuis les années soixante qui ont vu la montée de "l'orientation moderniste (...) essentiellement fondée", explique Thom (1973, p. 204), "sur la conception formaliste des mathématiques". On a bien sûr ensuite procédé à quelques nouvelles réformes mais sans parvenir à vraiment soustraire l'enseignement des mathématiques à ce poids du formalisme. D'où une large part des difficultés décrites au premier chapitre.

Dans la perspective formaliste, la mathématique devient statique, elle se confond avec ces produits finis, apprêtés suivant les canons de la logique reconstruite en vue d'une forme particulière de

communication, celle des livres et autres écrits officiels où importent avant tout la rigueur et la précision du langage. On retrouve là une mathématique coupée des chemins de sa création ou découverte et qui, nous l'avons constaté, ne correspond plus guère à la réalité de la pratique de la discipline, dans la mesure, en particulier, où la signification est mise à l'écart. Or, comme l'a précisé Thom (1973), la communication dans l'enseignement des mathématiques n'est pas seulement un problème de langage mais aussi, et peut-être avant tout, un problème de signification. Ceci est d'ailleurs vrai pour tout domaine: un apprentissage intelligent suppose que les objets visés par cet apprentissage soient porteurs de sens pour celui ou celle qui apprend. Ce problème de la signification est particulièrement aigu en mathématiques où, précise Otte (1979), à cause de leur généralité, les concepts ne sont pas toujours immédiatement accessibles à l'expérience empirique. Il faut donc tenir compte de ce fait et cela exige une conception du rôle de l'intuition, de l'activité du langage et globalement, de la "logique" de la gestation des concepts. Logique de la création/découverte, bien différente de la logique reconstruite mentionnée plus haut. D'où la nécessité d'attaquer vertement le formalisme en pédagogie et pour cela, s'en prendre, suivant la proposition de Hersh (1979) qui endosse là-dessus les idées de Thom, à ses fondements philosophiques - l'image formaliste de la nature des mathématiques.

Il n'est pas question de définir ici de façon explicite et exhaustive une nouvelle philosophie des mathématiques, tâche d'ailleurs plutôt ardue, ainsi que le reconnaissent, dès 1941, Courant et Robbins:

> Il est vrai que l'élément de l'invention constructiviste, de l'intuition directrice et motivante est difficile à cerner dans une formulation philosophique simple; mais il demeure le coeur de toute réalisation mathématique même dans les champs les plus abstraits. Car si la forme déductive cristallisée en est le but, l'intuition et la construction en sont les forces vives (p. xvii; traduction libre).

Plusieurs philosophes ainsi que des mathématiciens et mathématiciennes ont d'ailleurs, à l'instar de Richards ou de Davis et Hersh,

commencé à élaborer des propositions philosophiques à caractère épistémologique où sont reconnus le rôle et l'importance de ces éléments mais le reflux du formalisme comme vision philosophique dominante, s'il commence à se manifester chez un certain nombre de mathématiciens et mathématiciennes, n'est encore guère évident en éducation. D'où notre objectif de reconnaître et de faire reconnaître explicitement dans la pratique scolaire que les mathématiques sont autre chose que ce que montrent les écrits officiels, que les notions et concepts n'apparaissent pas subitement dans le cerveau de quelques êtres particulièrement doués mais qu'ils sont l'aboutissement d'une gestation, rarement facile, où, entre autres choses, les intuitions, les gestes et actions, les images de même que le sens attribué aux objets manipulés physiquement ou mentalement ont un rôle à jouer, rôle tout aussi sinon plus important que le rôle du langage ou des symboles utilisés.

Bien sûr pourrait-on chercher à atteindre cet objectif par l'adjonction de nouveaux cours aux programmes actuels de formation des maîtres:

- cours sur les méthodes de travail en sciences et en mathématiques où seraient abordées les questions d'heuristique et d'épistémologie;

- cours d'histoire des mathématiques où les enseignants et enseignantes verraient comment s'est développé ce corpus de connaissances. Il serait ici important de ne pas se limiter à présenter les mathématiciens et mathématiciennes, artisans de ce développement, comme des demi-dieux qui réussissaient tout facilement, sans efforts ni erreurs mais au contraire, dire autant les errements que les succès... Tous les grands des mathématiques, sauf peut-être Galois qui n'en a pas vraiment eu le temps, se sont un jour ou l'autre trompé mais cela n'est guère raconté dans les publications officielles;

- cours de philosophie des mathématiques afin de bien mettre en évidence diverses conceptions et images des mathématiques et ainsi montrer que cet univers forme, pour ses tenants et tenantes, un bloc moins monolithique que ce que l'on peut en voir ou croire de l'extérieur;

- cours enfin sur les rapports entre les mathématiques et les autres domaines ou disciplines: afin de bien faire ressortir le fait que "les mathématiques ne jettent pas un regard vide sur le monde sensible et le monde spéculatif" (Dhombres, 1981) et de permettre du même coup aux enseignants et enseignantes de trouver plus facilement un sens aux notions qu'ils ou elles abordent avec leurs élèves et de présenter ces notions d'une manière qui corresponde peut-être mieux aux préoccupations et besoins de leur clientèle.

Mais il faut demeurer réaliste. Les maîtres du primaire sont des généralistes et doivent donc être préparés à l'enseignement de plusieurs disciplines; or, partout l'on se plaint déjà, dans les programmes de formation, du nombre trop grand de cours obligatoires. Il apparaît donc utopique de vouloir ajouter à cette charge. Par contre, d'ajouter simplement les cours mentionnés à la liste des cours optionnels ne permettrait de toucher qu'une portion, vraisemblablement insuffisante, de maîtres. Une telle solution ne serait donc que très partielle. Sans compter une autre difficulté majeure: même si l'on parvient à convaincre une large majorité d'enseignants et d'enseignantes de la pertinence et de l'importance de ces cours, ceux-ci risquent toujours d'apparaître comme de nouveaux éléments dispersés d'une formation dont nous avons déjà longuement reconnu l'éparpillement, le manque d'intégration. Éléments neufs juxtaposés à ce qui existe déjà, ces cours constitueraient certes une amélioration mais cette amélioration ne serait peut-être pas suffisante pour modifier comme nous l'espérons la vision que les maîtres ont des mathématiques: dans la mesure où des liens ne sont pas ou peu établis entre ce qu'ils ou elles apprendraient de l'histoire et de la philosophie de

l'univers mathématique et les mathématiques comme discipline d'apprentissage.

C'est en tenant compte de toutes ces réflexions qu'une approche comme celle que nous étudions dans ce travail paraît particulièrement intéressante et réaliste comme espoir de solution aux problèmes soulevés. D'abord parce que cette approche met l'accent sur l'aspect processus d'une mathématique dynamique en montrant comment le concept mathématique n'apparaît pas subitement, tout achevé, à la conscience de celui ou celle qui apprend mais comment, au contraire, cette personne l'élabore, étape par étape, à partir d'intuitions de base jusqu'à la formalisation finale qui n'est plus, dans ces conditions, vide de sens; chacune de ces étapes et non pas seulement la dernière, est reconnue comme mathématique et aucune n'a de statut privilégié, toutes apparaissant comme essentielles.. De plus, cet accent sur l'aspect processus des mathématiques demeure très près des besoins et préoccupations des maîtres puisqu'il prend la forme d'une réflexion, dans le cadre d'un modèle, sur la démarche de l'élève qui se bâtit une compréhension des concepts, réflexion dont le maître ne peut que percevoir l'intérêt immédiat pour sa pratique auprès des enfants. Et enfin tout cela n'exige aucun ajout de cours, ne demandant que des modifications à la formule des cours de didactique des mathématiques existants, de manière à ce que s'intègrent harmonieusement tous les éléments dont nous avons reconnu l'importance pour une formation complète: le savoir mathématique proprement dit, un "métasavoir" c'est-à-dire une réflexion sur la nature du premier savoir et finalement les connaissances psycho-pédagogiques.

Hersh proposait d'attaquer le formalisme en pédagogie en nous en prenant à l'image formaliste de la nature des mathématiques... ce que justement nous proposons de faire, à l'intérieur même de la pédagogie: car c'est là, nous semble-t-il, un lieu privilégié pour défendre une vision plus épistémologique de la discipline, un lieu où il apparaît à la fois possible et important de reconnaître et de faire reconnaître que, suivant l'expression de Revuz (1960), pour l'enfant qui apprend comme pour le mathématicien ou la mathématicienne qui crée ou invente, les mathématiques sont à faire.

et que de les considérer comme des réponses toutes apprêtées par quelques esprits supérieurement doués pour être transmises sous forme de produit fini, est une déformation de la réalité dont les conséquences, pour l'éducation, se traduisent en problèmes dont nous avons déjà constaté l'acuité.

Regard sur les théories d'apprentissage

Les réflexions qui précèdent, on l'aura constaté, ne touchent pas seulement la philosophie des mathématiques mais traduisent en même temps des conceptions de l'apprentissage, de ce qu'il est et/ou devrait être. Aussi les diverses théories d'apprentissage constituent-elles, au même titre que les diverses écoles de pensée philosophique, des éléments fondamentaux de notre cadre théorique. Nous n'allons cependant pas ici les décrire toutes et dans tous leurs détails: d'abord parce que cela ne serait guère possible à moins d'allonger démesurément ce texte. Mais surtout parce que ces théories sont des théories constituées, ayant une "existence officielle" et sont, de ce fait, abondamment - beaucoup plus et plus explicitement que les philosophies des mathématiques - décrites dans la littérature. S'il apparaît inutile de tout reprendre ce que l'on y dit, il demeure par contre nécessaire de caractériser brièvement les principaux courants qui ont marqué et marquent toujours la didactique des mathématiques: afin d'expliquer, sinon justifier, les choix qui fondent notre travail. Nous présentons donc, dans les pages qui suivent, les grandes lignes des théories behavioristes et constructivistes de l'apprentissage, essayant de dégager en même temps quelques-unes de leurs manifestations dans l'enseignement des mathématiques afin de mieux mettre en lumière les conséquences d'un choix qui pencherait en faveur de l'une ou de l'autre.

Quelques remarques s'imposent cependant avant que nous nous lancions dans cette entreprise. Une première remarque pour signaler qu'à côté de ces deux courants, il en existe un certain nombre d'autres. On peut retenir comme exemple celui des théories dites sociologiques où, inspiré notamment par la pensée de Dewey ou, plus récemment par celle de Neill

(1980), on cherche moins à définir l'apprentissage comme tel qu'à proposer et à discuter des critères de choix de contenu des curriculums en fonction des besoins de la société. Le postulat à la base de ces théories veut que ce qui est utile pour cette société satisfasse les besoins de l'individu, ce qui devrait non seulement pousser les maîtres à effectuer un meilleur travail mais également susciter un intérêt plus grand chez leurs élèves (Ashlock et al., 1983). D'autres positions théoriques ont fait surface ces dernières années, notamment les théories dites du traitement de l'information (information-processing) et les théories neurologiques:

- les premières étudient de quelle manière l'information est codée et décodée par et dans le cerveau, en combien de temps tel ou tel élément ou "bit" d'information peut y être traité;

- les secondes visent pour leur part à déterminer le rôle ou les fonctions de chacune des zones cérébrales. C'est ainsi que l'on y décrit les spécialisations de chaque hémisphère, cherchant par exemple à savoir si ceux-ci fonctionnent de la même façon pour tous les types d'apprentissage ou si l'on ne peut expliquer par un mauvais fonctionnement de l'une des zones les difficultés éprouvées en mathématiques par un enfant.

On ne saurait nier la valeur, l'intérêt potentiel de ces divers courants théoriques mais nous ne les retiendrons pas ici: les deux derniers, parce qu'ils sont encore trop peu développés pour fonder une solution aux problèmes auxquels nous nous attaquons alors que le tout premier, le courant sociologique, vise surtout à transformer le curriculum, ce qui, nous l'avons déjà vu, n'a guère permis de résoudre ces mêmes problèmes.

Notre deuxième remarque porte sur le fond: il faut demeurer conscient du fait que ce que nous allons ici décrire, ce sont des théories c'est-à-dire des hypothèses. Elles s'appuient sur une foule d'expériences et d'observations dont elles rendent compte et qu'elles permettent d'expliquer dans une certaine mesure. Mais leur caractère hypothétique

demeure et privilégier l'une de ces théories revient à choisir ce qui nous apparaît être un meilleur plausible. Il serait dès lors imprudent de vouloir du même coup rejeter complètement et définitivement toutes les autres: ce n'est pas parce que certaines théories nous paraissent moins adéquates qu'elles ne peuvent ajouter à notre compréhension des phénomènes de connaissance.

1. Les théories behavioristes

De toutes les théories sur l'apprentissage, ce sont très certainement celles d'inspiration behavioriste qui ont le plus souvent dominé, dans les faits sinon dans les intentions, l'enseignement des mathématiques. Mais malgré la force de sa présence et de ses influences, ce behaviorisme demeure difficile à cerner en quelques paragraphes: il est vrai que dans toute caractérisation d'une théorie, les risques de sursimplifier ou de caricaturer sont grands. Mais ces risques sont ici accrus dans la mesure où le behaviorisme constitue non pas une théorie mais bien une famille de théories qui s'étend du connexionisme de Thorndike jusqu'au behaviorisme social de Staats en passant par les théories de conditionnement classique de Pavlov et du conditionnement opérant de Skinner pour ne citer que ces noms. Nous ne prétendons pas rendre justice à la pensée de tous ces gens dans la description qui suit, trop de différences sont passées sous silence, trop de nuances effacées... Mais cette description, même approximative, demeure malgré tout juste dans la mesure où elle correspond au behaviorisme comme il est globalement connu et perçu dans l'enseignement des mathématiques. Quelqu'un a déjà défini la culture comme étant ce qui reste une fois que l'on a tout oublié: ce que nous décrivons ici pourrait, si l'on accepte cette définition, constituer la "culture behavioriste" des didacticiens et didacticiennes des mathématiques, c'est-à-dire de ceux et celles qui, sans être psychologues ou psychopédagogues spécialistes des théories d'apprentissage, s'occupent d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques, comme professeurs, chercheurs ou dans d'autres tâches, celles de concepteurs de programme ou de rédacteurs de manuels par exemple.

Nous avions dit, au début du paragraphe précédent, l'influence marquée du behaviorisme dans l'enseignement des mathématiques, influence reconnue par maints auteurs et confirmée dans une large majorité de rapports d'études, qu'il s'agisse de rapports internationaux comme ceux préparés par la CIEM (1966, 1970, 1972 et 1979) pour le compte de l'UNESCO ou de rapports nationaux comme ceux du NACOME (1975) ou du NAEP (Carpenter et al., 1981) aux États-Unis ou celui du Conseil des Sciences du Canada (Beltzner et al., 1977). C'est d'ailleurs là, ainsi que dans les écrits de Callahan et Glennon (1975), Hutin (1977), Revuz (1980), Robitaille et Dirks (1982), Ashlock et al. (1983) et d'autres déjà mentionnés dans le chapitre de problématique, que nous avons recueilli les éléments qui servent à la description qui suit de même qu'à la brève analyse critique que nous en présentons.

Les behavioristes, rapportent Ashlock et al. (1983), définissent l'apprentissage comme un changement dans le comportement de la personne qui apprend, changement qui constitue à leurs yeux la seule "réalité" de cet apprentissage. La première grande caractéristique de leurs théories, c'est de voir la connaissance comme le produit des influences du milieu dans lequel baigne le sujet: l'information est transmise à la personne qui apprend et cette transmission vient de l'extérieur de cette personne.

> L'enfant naît libre de tout contenu psychologique dans un univers dont le contenu est, lui, organisé de façon cohérente. Comme un miroir cependant, l'enfant arrive à réfléchir cet environnement; comme une ardoise vierge, il est marqué par des stimuli externes; comme une tablette de cire, il retient les impressions laissées par ces stimuli; et comme une machine, il peut être amené à réagir en réponse à des agents de stimulation (Langer, 1969, p. 51; traduction libre).

Pour apprendre, la personne capte, par le canal de ses sens, l'information venue de l'extérieur et, au fil de ses expériences, la fait progressivement sienne.

Les behavioristes considèrent par ailleurs toute connaissance de niveau supérieur comme la somme d'acquisitions antérieures, le résultat de la juxtaposition d'habiletés plus simples. Ces habiletés plus simples sont organisées en hiérarchies fondées sur leur interdépendance au plan de l'apprentissage. Dans cette perspective, on décrira fréquemment les connaissances scolaires sous forme d'objectifs, lesquels sont décomposés en sous-objectifs dont l'atteinte devrait assurer l'acquisition de l'objet de connaissance dont ils sont les parties constituantes. On en conclut parfois que tout individu peut, si l'on a recours à des approches ou méthodes appropriées, se faire enseigner fructueusement n'importe quelle notion. Les mécanismes par lesquels les connaissances sont intégrées demeurent cependant mystérieux: le cerveau demeure cette "boîte noire" dont on reconnaît honnêtement ne pas comprendre le fonctionnement; on se limite à provoquer ce fonctionnement par divers stimuli et de juger de ce fonctionnement en considérant les réponses fournies à ces stimuli.

La pédagogie de type behavioriste s'appuie fondamentalement sur cette notion de stimulus-réponse: il s'agit de fournir des stimuli qui provoquent des réactions chez l'individu. Ces réactions sont alors renforcées, soit positivement (récompense), soit négativement (punition) jusqu'à ce que la réponse optimale à un stimulus donné soit bien intégrée. Une erreur commise par le sujet est, dans ce contexte, une mauvaise réponse signifiant que l'apprentissage n'est pas complété dans le sens attendu; il faut donc continuer les exercices et les renforcements afin de la corriger, c'est-à-dire de la faire disparaître au profit d'une réponse plus acceptable. La manipulation a un rôle important à jouer. Précisons que par manipulation, nous entendons d'abord manipulation d'objets physiques mais ce que nous en disons peut s'appliquer à la manipulation mentale de notions plus abstraites. Pour les behavioristes, la manipulation constitue un facteur d'apprentissage dans la mesure où intervient la répétition d'actions portant sur un matériel donné ou sur des matériels voisins, l'intention étant alors de donner au sujet la possibilité, lorsqu'il ou elle aura à affronter des situations nouvelles, de reconnaître, dans ces situations, les éléments équivalents à d'autres rencontrés antérieurement

et d'y appliquer, par association, les schémas qui se sont alors avérés fructueux.

Cette manière de concevoir l'apprentissage est extrêmement séduisante, d'abord parce qu'il suffit, semble-t-il, de bien régler le comportement du maître et/ou de bien programmer les stimuli pour que les connaissances des élèves s'accroissent régulièrement; aussi parce que l'évaluation de cette croissance est rendue facile, une simple vérification des réponses permettant de juger des progrès de ces élèves, de la qualité de leur performance. Le rôle du maître se trouve particulièrement bien défini et met, dans une certaine mesure, celui ou celle-ci à l'abri des surprises insécurisantes: rôle très actif et exigeant mais qui lui permet de tout contrôler puisqu'il ou elle sert à la fois de déclencheur et de moteur de l'apprentissage, proposant les objets de cet apprentissage, fournissant la motivation, le stimulus de départ et présentant également les exercices qui, au moyen d'une succession de renforcements, permettent aux élèves d'arriver à la réponse souhaitée. La séquence d'apprentissage étant bien construite, la succession des étapes organisée, la hiérarchie des notions adéquates, il n'y a pas d'imprévu et l'élève doit réussir. S'il ou si elle n'y arrive pas, l'élève n'a qu'à s'en prendre à lui-même ou elle-même et à son manque d'assiduité au travail. Pourtant on ne reconnaît qu'un rôle plutôt passif à cet élève puisqu'il ou elle est ici considéré comme un récepteur de connaissances produites à l'extérieur de lui-même ou d'elle-même et qui lui sont transmises à travers des exercices et des renforcements aussi issus d'une source extérieure. Il n'y a plus qu'à suivre docilement et avec application la voie tracée vers le succès.

2. Critique du behaviorisme

Séduisante par bien des aspects, cette conception behavioriste de l'apprentissage comporte néanmoins des faiblesses, avoue certaines limites. Ainsi, la question de la compréhension n'y est guère abordée: non qu'elle soit formellement exclue mais elle demeure bien souvent ignorée. L'accent est très nettement porté sur le développement de savoir-faire, sur la performance: on "apprend pour maîtriser" suivant l'expression de

Hutin (1977, p. 2) et dans le but de faciliter l'apprentissage, on répartit les difficultés en étapes aussi réduites que possible comme dans ces programmes où le contenu mathématique se voit découpé en fines lamelles constituant autant d'objectifs et de sous-objectifs que l'élève doit atteindre. Bien sûr, une telle présentation par objectifs comporte des avantages: elle simplifie l'organisation de séquences d'apprentissage, facilite la construction d'instruments d'évaluation des élèves, fournit en même temps un outil de communication (les objectifs atteints ou non atteints par exemple) avec ces élèves ou d'autres intervenants (parents, orthopédagogues...) et constitue aussi un cadre pour l'évaluation de l'enseignement. Cela pourrait même aller jusqu'à une définition de compétences minimales que devrait manifester tout élève et fournir du même coup des critères pour juger si les écoles remplissent leur rôle de façon acceptable ou si tel ou tel manuel est efficace et mérite d'être agréé officiellement. Sans doute, une telle définition de ces compétences minimales garantit que des objectifs importants ne seront pas oubliés ou abordés trop rapidement mais qu'au contraire, on y consacrera temps et efforts. Mais cette définition ne va pas sans inconvénients: l'expérience montre que ce qui est proposé comme minimal risque de rapidement devenir maximal, le plancher, de se transformer en plafond. Il est, d'autre part, improbable que les concepts et habiletés de base visés par ces exigences minimales soient négligés, en particulier dans une approche où l'on considère que les connaissances plus avancées émergent de la juxtaposition de connaissances de niveau plus élémentaire et que l'apprentissage d'un concept évolué passe par l'apprentissage de ses composantes plus simples. De plus, cela risque d'aggraver une situation où, à l'instar des gens du NACOME (1975), beaucoup déplorent cette production hélas de plus en plus courante, de listes de savoirs de bas niveau et d'habiletés étroites comme seuls ou premiers objectifs de l'enseignement des mathématiques. Cette dernière critique, plusieurs l'étendent à toute définition d'objectifs. Forbes (1971) rapporte ces critiques en précisant que si, suivant les tenants et tenantes du behaviorisme, "tout objectif d'enseignement peut et doit être énoncé en termes de comportement que l'élève aura à manifester" et que "tout ce qui

n'est pas énoncé ainsi n'est plus un objectif mais un vague espoir" (p. 744), beaucoup reconnaissent par ailleurs que:

> les seuls objectifs de l'enseignement qui peuvent se traduire en termes behavioristes sont les objectifs de bas niveau dans le domaine cognitif. Les objectifs plus élevés de ce domaine de même que l'ensemble des objectifs d'ordre affectif ne peuvent s'énoncer ainsi. Limiter l'enseignement à des objectifs de comportement de type behavioriste revient à limiter l'enseignement à la mécanique des mathématiques (Forbes, 1971, p. 744; traduction libre).

Il arrive aussi, et c'est hélas fréquent, que malgré toute la rigueur que l'on ait mis à le structurer, un programme découpé par objectifs apparaisse, aux yeux du maître ou de ses élèves, comme une liste d'habiletés sans cohérence, un amas de parcelles de connaissances mal liées entre elles. On reconnaît également qu'un enseignement par objectifs n'encourage guère le recours à des problèmes ouverts qui stimulent la créativité, l'esprit d'invention, conduisant plutôt à offrir aux élèves des séries d'exercices répétitifs. D'aucuns remettent enfin en question les facilités d'évaluation, craignant que l'on ait abordé celle-ci avec trop de confiance: l'application d'une norme ne garantit pas la qualité du jugement porté et peut bien souvent s'avérer réductionniste.

Ces critiques de l'enseignement par objectifs se prolongent dans des remises en question du behaviorisme lui-même. On s'interroge beaucoup, par exemple, sur cette vision des connaissances et habiletés complexes comme sommes de connaissances élémentaires ou juxtaposition d'habiletés plus simples. On questionne également l'efficacité réelle d'un enseignement qui repose sur la transmission des connaissances, lesquelles s'accumuleraient comme liquide en bouteille chez un individu, récepteur passif, nourri par une personne plus active que lui. Les concepts ne sont pas des ballons qui peuvent être lancés et attrapés à pleine main comme des produits finis souligne Otte (1979). Un enseignement par conditionnement peut-être fructueux lorsqu'il vise à entraîner à l'usage d'un algorithme ou cherche à accroître la rapidité d'exécution de certaines

tâches bien précises, et ce, même dans le cas de tâches relativement complexes comme celle conduisant à la résolution d'un type donné de problème. Mais que dire de l'efficacité d'une telle approche qui amène l'élève à retenir la règle des signes dans des formules incantatoires du type "les amis de mes amis sont mes amis, les ennemis de mes ennemis sont mes amis..." ou à pouvoir dire qu'une structure de groupe, c'est IANS (prononcez comme dans méfiance), c'est-à-dire Interne, Associatif, Neutre, Symétrique. Hutin (1977, p. 5) qui rapporte ces exemples anecdotiques, ajoute ensuite:

> ... il est clair qu'à un moment donné, on attendra de l'élève que les stimuli 4 x 6 ou 3 x 8 provoquent la réponse 24 mais on voit immédiatement que cette étape se situera bien après la première approche de la multiplication et lorsque le sujet sera capable d'interpréter l'ensemble du contexte dans lequel il travaille... (p. 5).

En somme, à mesure que l'on s'y arrête, on se rend de plus en plus compte qu'un tel enseignement par stimulus-réponse-renforcement est souvent réductionniste: il permet le développement de mécanismes, de savoir-faire mais cet apprentissage ne s'appuie que trop rarement sur la compréhension que développe la personne qui apprend. Celle-ci pourra-t-elle, dans ces conditions, se munir d'un système de référence et développer un esprit d'invention suffisant pour affronter ensuite des situations nouvelles, et/ou imprévues? C'est un des grands points d'interrogation que nous soulevions déjà au premier chapitre. Loin de nous l'idée de rejeter l'importance des savoir-faire: ils s'avèrent trop utiles pour accepter de les négliger, utilité qui apparaît même au niveau de la compréhension que nous évoquions à l'instant. Mais il faut admettre que la connaissance ne se limite pas à de tels savoir-faire, que derrière toute manifestation "habile", il y a vraisemblablement quelque chose qui la fonde. Enseigner, c'est alors plus qu'énoncer la vérité, la faire répéter par les élèves et soumettre ceux et celles-ci à des exercices d'applications répétitifs jusqu'à ce qu'ils ou elles les réussissent correctement et rapidement. Si l'on veut dépasser les habiletés vers une compréhension des concepts et notions qui ne soit pas superficielle, il faut reconnaître,

suivant l'expression de Revuz (1980) qui reprend là une conviction partagée et exprimée par beaucoup de didacticiens et didacticiennes des mathématiques, que pour l'enfant qui apprend, les mathématiques sont "à faire" tout autant que pour le mathématicien ou la mathématicienne qui les invente ou les découvre. Et il semble que l'on tienne bien davantage compte de cela dans les visions constructivistes de l'apprentissage.

3. Les théories constructivistes

Nous qualifions de constructivistes l'ensemble des théories où l'on reconnaît que l'individu qui apprend construit lui-même ses connaissances. À l'origine de ce courant de pensée, on retrouve évidemment les travaux de Piaget et de ses multiples collaborateurs et collaboratrices de l'École de Genève, travaux qui ont été repris, critiqués, prolongés un peu partout dans le monde. Les spécialistes des théories de l'apprentissage trouveront peut-être un peu grossière dans sa brièveté la description des grands traits du constructivisme que nous proposons ici; il faut la regarder de la manière dont on a considéré notre présentation des théories behavioristes: comme un résumé des caractéristiques principales qui constituent la "culture constructiviste" des didacticiens et didacticiennes des mathématiques et non comme un traité détaillé où seraient rapportées toutes les nuances de la pensée des constructivistes, et discutées les éléments de la théorie sur lesquels ils ou elles s'accordent... ou s'opposent parfois.

Si, dans la perspective constructiviste, c'est le sujet qui, dans un acte interne, bâtit ses propres connaissances, cela ne signifie pas qu'il le fasse à l'écart de tout objet, de tout environnement. Au contraire, cette construction n'est possible que s'il y a interaction entre le sujet et l'objet de connaissance. Par objet, précisons que nous entendons non seulement objet concret que l'on peut physiquement toucher, mais aussi objet abstrait, notion qui se "manipule" mentalement. Dans son acte de connaissance, la personne attribue une certaine signification à l'objet qui y répond de façon plus ou moins satisfaisante, suivant qu'il corresponde ou non aux schèmes internes propres à cette personne qui l'appréhende.

L'introduction d'un nouvel objet dans le champ de connaissance d'un sujet provoque chez lui soit un phénomène d'assimilation de cet objet à ceux déjà connus, soit un phénomène d'accommodation des schèmes du sujet afin de rendre possible l'intériorisation de l'objet. L'intelligence se construit dans la mesure où la connaissance nouvelle n'est pas seulement un élément supplémentaire qui vient se juxtaposer à l'acquis antérieur mais bien l'occasion d'une réorganisation, d'une restructuration de cet acquis en un tout renouvelé qui puisse englober l'élément neuf et demeurer cohérent. C'est la présence d'un conflit entre l'objet appréhendé et les schèmes utilisés pour cette appréhension qui force l'adaptation, la restructuration des connaissances acquises que nous décrivions à l'instant. Présence d'un conflit mais aussi prise de conscience de cette présence; cette prise de conscience peut être le fait de la personne qui se bâtit une expérience en tâtonnant, mais peut aussi être amenée ou accélérée par un agent extérieur, la confrontation des points de vue au sein d'un groupe par exemple.

Dans la perspective constructiviste, le maître n'est donc plus un simple transmetteur des connaissances, élément déclencheur et moteur de l'apprentissage comme on le perçoit chez les behavioristes. Son action se fait nettement plus discrète même si elle demeure essentielle. Son rôle est d'abord de prévoir une approche large qui suive les lois du développement génétique. Il ou elle peut introduire dans l'environnement des élèves des éléments susceptibles de provoquer les déséquilibres cognitifs évoqués plus haut et de favoriser la prise de conscience du fait que tel objet nouveau ne s'inscrit pas dans les schèmes déjà élaborés et exige donc une modification de ces schèmes. Au plan pratique, si l'on pense à la discipline qui nous intéresse, l'enseignant ou l'enseignante peut proposer, sous forme d'un problème suscitant un certain intérêt par exemple, une donnée susceptible de conduire vers telle notion mathématique. Mais ce n'est pas à lui ou à elle de paver la voie. Il ou elle est plutôt là pour soutenir la démarche personnelle des élèves par des remarques ou questions, pour éventuellement relancer l'activité par des interventions judicieuses lorsque la réflexion s'enferre dans des voies peu fructueuses mais en faisant preuve de tout le respect et toute la patience

nécessaires afin que les élèves aient l'occasion d'explorer librement les pistes qui se présentent à leur imagination. Ce qui n'empêche pas le maître d'attirer l'attention sur tel phénomène particulier, d'aider ses élèves à prendre du recul par rapport à leurs actions et réflexions, à élaborer des synthèses. En un mot, l'enseignant ou l'enseignante n'est pas un simple catalyseur qui facilite une réaction sans y prendre une part active mais son activité ne remplace pas l'activité de l'élève, servant plutôt à la soutenir et, au besoin, à l'orienter. Son rôle est de placer l'élève dans les conditions les plus favorables pour que celui ou celle-ci puisse assumer sa propre formation.

On ne peut plus poser ici d'à priori sur l'existence d'un cheminement optimal, valable pour l'ensemble des sujets apprenants. Quoiqu'il reconnaisse l'existence de stades de développement qui soient globalement les mêmes pour l'ensemble des individus ou qu'il accepte de décrire l'élaboration de la compréhension de concepts et notions en des modèles qui en fixent les étapes, le constructivisme admet l'existence de différences importantes entre les personnes, différences qui se manifestent entre autres, au plan de l'apprentissage. Ainsi, dans une école donnée ou même au niveau d'une classe, tous et toutes les élèves n'ont pas exactement le même âge, n'ont pas atteint le même degré de maturité, ils ou elles proviennent de milieux parfois très divers, ont vécu des expériences particulières. Le maître respectueux des individus et conscient de l'importance de leur démarche personnelle devra adapter ses interventions en tenant compte de ces facteurs: il ou elle ne pourra guère alors recourir à une pédagogie "standardisée" comme celle que suggèrent les behavioristes, son approche devant au contraire être davantage différenciée. Sans nécessairement aller jusqu'à une pédagogie dite individualisée, la pédagogie d'inspiration constructiviste reconnaît que tous et toutes ne partent pas du même point et accepte - dans la mesure où les contraintes du milieu scolaire le permettent - que tous et toutes n'atteignent pas exactement le même but et que chaque personne emprunte une voie qui, à travers les activités de la classe, demeure la sienne. En somme, une pédagogie qui, moins uniformisée et uniformisante que celle

de type behavioriste, s'avère souvent plus exigeante et insécurisante pour le maître puisqu'ici tout ne peut être prévu et organisé.

La manipulation a aussi un rôle important à jouer dans la vision constructiviste mais ce rôle est très différent de celui qui lui était imparti chez les behavioristes. Qu'il s'agisse de jouer physiquement avec un matériel concret ou alors de "jongler" avec des notions abstraites, cette manipulation sert de support à l'intériorisation de l'action: interviennent ici des éléments comme l'anticipation du résultat de cette action et la vérification des hypothèses avancées. La répétition ne présente qu'un intérêt très mineur, pouvant peut-être conduire, par l'entraînement, au développement d'une habileté plus grande se traduisant par une accélération dans l'exécution de gestes adéquats, mais sa contribution au développement de la pensée demeure indirecte.

L'erreur est un autre élément considéré différemment par les tenants et tenantes de chacune des visions. Pour le ou la behavioriste, nous l'avons vu, une erreur est une mauvaise réponse à corriger, à rendre conforme à une norme, ce qu'il ou elle s'efforcera de faire à l'aide de renforcements divers et par la répétition d'exercices appropriés. L'erreur apparaît donc comme une anomalie à laquelle il ou elle ne s'arrête guère si ce n'est pour provoquer sa disparition, son remplacement par une réponse plus acceptable. Le ou la constructiviste, pour sa part, accepte l'erreur comme une étape, peut-être pas nécessaire ou obligatoire mais non plus anormale, dans la démarche du sujet qui s'approprie la connaissance. L'erreur, à ses yeux, n'est jamais gratuite mais peut manifester certains conflits conceptuels chez celui ou celle qui apprend: elle n'est que rarement le fruit du hasard mais plus souvent le produit logique et cohérent des schèmes de l'individu, schèmes qui ne sont pas encore complètement adaptés à une situation nouvelle, à un objet de connaissance qui demande leur restructuration. Aussi, le ou la constructiviste reconnaît dans cette erreur non plus quelque chose à faire disparaître et à oublier mais une source précieuse de renseignements sur les processus de pensée du sujet qui apprend, source de renseignements dont il ou elle peut profiter pour mieux comprendre ces processus et globalement, la démarche

de connaissance. Et il ou elle reconnaît de même que l'apprenant ou l'apprenante peut progresser par ses erreurs puisqu'elles sont justement des occasions de prendre conscience des conflits qui existent dans son appréhension de l'objet: il lui est alors possible de les surmonter plus aisément en intégrant les contradictions apparentes dans un ensemble de schèmes plus larges et plus généraux que ceux dont il ou elle disposait au départ, intégration qui constitue l'essence même de l'acte de connaissance

4. Une différence de perspective

On le constate, les divergences sont nombreuses et profondes entre ces théories behavioristes et constructivistes: divergences fondamentales qui peuvent s'expliquer, dans une large mesure, par le type de regard que jettent les tenants et tenantes de l'une et de l'autre doctrine sur l'apprentissage. C'est d'ailleurs pourquoi nous avons, tout au long de ce texte, parlé de visions ou de perspectives.

D'un côté, les behavioristes se disent trop convaincus de l'impénétrabilité de l'intellect, de l'inaccessibilité des processus de la pensée pour essayer de percer les mystères de ce qu'ils ou elles qualifient de "boîte noire". Aussi se limitent-ils et se limitent-elles à ne considérer que les relations directes entre les stimuli qui atteignent un individu et les réponses de celui-ci, négligeant ce qui pourrait exister comme intermédiaires entre les deux. La pensée de l'individu est ainsi évacuée au profit des seules manifestations extérieures de son comportement. Il ne faut pas se surprendre, dans ces conditions, de voir le rôle passif assigné au sujet dans l'acte de connaissance alors que l'on attribue un rôle beaucoup plus actif aux divers éléments - maîtres, objets... - qui entourent ce sujet. On comprend aussi le pourquoi du rôle assigné à la manipulation ou la place très limitée de l'erreur dans une démarche qui vise surtout le développement d'habiletés, de savoir-faire et où il est quasi impossible de tenir compte de la compréhension qu'a le sujet des concepts et notions abordés, de la signification qu'ils peuvent prendre à ses yeux.

Les constructivistes, de leur côté, considèrent davantage l'apprentissage de l'intérieur: ils et elles proposent une description de l'acte de connaissance comme processus où l'individu s'adapte activement à l'objet de connaissance. Il n'est plus simplement ballotté par cet objet puisque la connaissance résulte de son action même: il doit reconstruire intérieurement l'objet en s'appuyant sur une certaine continuité, les acquis antérieurs n'étant pas rejetés ou tenus à l'écart du processus mais devant être restructurés de manière à faire une place à l'objet neuf. L'accent est ici porté non sur des réponses/produits de l'apprentissage mais sur le processus même qui assure le progrès des connaissances. D'où cette reconnaissance de l'activité du sujet, reconnaissance également de l'importance de la signification que ce sujet peut attribuer aux objets, concepts et notions, de l'importance de la compréhension qu'il s'en bâtit. Et d'où le rôle différent attribué à la manipulation, la place nouvelle reconnue à l'erreur, et, si l'on pense au contexte scolaire, la vision renouvelée de la tâche du maître qui devient moins un présentateur ou une présentatrice de notions qu'un animateur ou une animatrice appuyant les enfants dans leur démarche de redécouverte ou de réinvention.

Notre orientation constructiviste ressort clairement de tout ce qui précède. Rappelons tout de même une des remarques qui servaient d'entrée en matière à ce bref regard porté sur les théories d'apprentissage: privilégier une de ces théories, disions-nous, c'est choisir un meilleur plausible mais un tel choix ne devrait pas entraîner un rejet trop définitif ou catégorique des théories qui paraissent moins heureuses. Car si une adhésion trop vive aux préceptes du behaviorisme risque de conduire à un apprentissage réductionniste limité à des habiletés mécaniques qui prive les élèves du plaisir de créer ou découvrir les mathématiques ou simplement d'en percevoir la beauté et la structure, par contre, une approche trop fanatiquement constructiviste où, par souci exagéré du respect de l'individu et de sa démarche personnelle, les interventions seraient limitées au point d'obliger la personne à recréer ce que l'humanité a mis des siècles à élaborer, n'apparaît guère plus fructueuse. Si l'on reconnaît que les habiletés doivent être fondées sur une compréhension, il

nous faut aussi admettre que parfois une habileté mécanique s'avère utile et peut éventuellement faciliter une compréhension ultérieure.

Philosophie des mathématiques et théories d'apprentissage

En conclusion de ce chapitre, nous aimerions insister sur la cohérence qui existe entre nos choix de perspective au plan philosophique et au plan de l'apprentissage: car si, d'une part, nos propositions d'une philosophie plus épistémologique ou constructiviste des mathématiques visent à davantage reconnaître les mathématiques comme elles sont créées ou découvertes, nous adhérons, d'autre part, à la vision constructiviste de l'apprentissage parce que celle-ci s'attache d'abord à l'activité du sujet qui apprend et parce que cette activité y apparaît justement comme une re-création ou une re-découverte. En un mot, si la vision philosophique proposée s'arrête à la dynamique de la production de connaissances mathématiques, la vision constructiviste présente l'apprentissage comme une activité tout-à-fait analogue de reproduction de ces connaissances.

Ces perspectives nous paraissent nettement plus fructueuses et motivantes pour qui travaille en éducation que le formalisme qui s'intéresse à une mathématique achevée et statique, où la signification perd de son importance et qui amène le maître à se centrer sur le jargon et la manipulation de symboles ou que le behaviorisme qui réduit l'apprentissage à une accumulation d'habiletés et de savoir-faire constituant autant de réponses à des stimuli provenant de l'extérieur. D'où nos choix et nos espoirs de voir se modifier les perceptions des maîtres dans le sens de ces choix, espoirs manifestes dans les hypothèses de ce travail et que ce chapitre visait à préciser tout en les justifiant.

Ajoutons, avant de clore, que nos choix servent également à fonder notre approche avec les maîtres car en travaillant avec eux ou elles, nous voulons les amener à réfléchir par et pour eux et elles-mêmes sur l'activité mathématique et l'apprentissage des mathématiques: d'où notre refus de présentations trop magistrales où seraient exposées les

manières dont s'élabore la compréhension. Nous avons préféré laisser les gens découvrir ces chemins par eux-mêmes en s'appuyant sur leurs connaissances et leurs expériences de même que sur les interactions entre les membres du groupe. Il aurait été contradictoire de vouloir défendre un contenu qui, sur tous les plans, se veut constructiviste et ne pas s'en inspirer au moment de le proposer aux enseignants et enseignantes.

CHAPITRE IV

PLAN EXPÉRIMENTAL, MÉTHODE ET PLAN D'ANALYSE

Description générale

La partie expérimentale de ce travail, conçue dans le prolongement de l'étude exploratoire décrite au chapitre II, a été élaborée dans le but de mettre à l'épreuve l'hypothèse avancée en conclusion du chapitre de problématique: une approche de la formation mathématique d'un groupe de maîtres du primaire, approche s'appuyant sur l'analyse de concepts à l'aide d'un modèle de compréhension, modifie chez ces maîtres leur conception des mathématiques de même que leur perception de l'enseignement et de l'apprentissage de cette discipline. Pour faciliter la recherche, cette hypothèse générale a été scindée en trois questions qui la précisent et l'explicitent en fonction des constatations et descriptions du chapitre de problématique de même que des réflexions présentées dans le cadre théorique:

- l'approche proposée amène-t-elle les maîtres à se décentrer des seules réponses fournies par les élèves pour évaluer leurs acquis et à accorder davantage d'importance aux processus de pensée qui ont conduit ces élèves à ces réponses?

- Fait-elle évoluer vers une vision constructiviste la vision trop souvent formelle des mathématiques véhiculée par nombre d'enseignants et d'enseignantes au primaire?

- Permet-elle enfin à ces enseignants et enseignantes de prendre davantage conscience de l'importance de faire découvrir et construire les notions mathématiques par les enfants au lieu de tout simplement les leur transmettre?

Afin de trouver réponse à ces questions, l'expérience exploratoire a été reprise avec une version du cours modifiée et améliorée par l'utilisation d'un modèle de la compréhension plus adéquat, de même que par l'adjonction d'un élément neuf, la mini-entrevue, outil mis à la disposition des enseignants pour leur permettre d'évaluer la compréhension

de leurs élèves. Ces modifications, accompagnées d'une description complète des divers modèles de la compréhension et du nouvel outil d'évaluation que constitue la mini-entrevue, ont été présentées au chapitre II. Comme dans l'expérience préliminaire mentionnée, la nouvelle expérimentation a été menée auprès d'un groupe de maîtres en exercice inscrits dans un cours régulier de perfectionnement de quarante-cinq heures, cours appartenant au Certificat Mathématiques et Science de la Faculté d'Éducation Permanente de l'Université de Montréal.

Comme les interrogations soulevées n'étaient cependant pas, cette fois, les mêmes que lors de l'étude exploratoire, des moyens nouveaux ont dû être élaborés pour évaluer de façon plus systématique la présence et l'importance de changements chez les maîtres. Ces changements devant être davantage qualitatifs que quantitatifs, puisqu'il est ici question de perceptions et non de performances, nous cherchions non à mesurer quantitativement de façon très précise mais à déterminer s'il y avait des évidences nettes que les changements attendus s'étaient véritablement produits: c'est la convergence de plusieurs de ces évidences qui permettrait d'établir, au moment des analyses, la validité de nos évaluations. Tout ceci explique le recours à plusieurs outils d'évaluation que nous avons conçus, développés et brièvement testés avant l'expérimentation proprement dite. Nous donnons ici une rapide description de ces outils qui permettront des analyses de groupe et des études de cas, réservant pour plus tard d'en faire une présentation plus détaillée et complète; nous ferons alors davantage ressortir les liens qui les unissent car ce sont des instruments moins isolés les uns des autres que ce que cette première description peut laisser croire:

- le premier instrument, appelé test de correction, vise à déterminer quelle importance l'enseignant ou l'enseignante attache aux réponses de ses élèves en rapport avec celle qu'il ou elle accorde aux raisonnements qui ont conduit à ces réponses. Dans ce test, nous lui demandons de noter des copies d'élèves fictifs comme il ou elle le ferait de copies normales d'examens. Sur ces copies, on retrouve tantôt une

bonne réponse avec ou sans justification, tantôt un raisonnement correct mais accompagné d'une réponse fausse ou alors le contraire, une réponse juste issue d'un raisonnement erronné. La note attribuée par le maître de même que les raisons de l'attribution de cette note, raisons que nous lui demandons de fournir, nous permettent de juger sur quel élément le maître met d'abord l'accent dans son évaluation des travaux de ses élèves;

- le second instrument est un questionnaire écrit qui porte sur la perception des mathématiques qu'a l'enseignant ou l'enseignante. Trois de ces perceptions ont été retenues, les perceptions traditionnelle, formaliste et constructiviste, chacune caractérisée par un bloc de trois ou quatre énoncés. Les enseignants et enseignantes sont priés d'ordonner ces blocs suivant l'importance qu'ils ou elles leur accordent dans leur vision des mathématiques et, dans un second temps, de pondérer leur hiérarchie, ce qui leur permet de préciser leur première réponse;

- le troisième instrument est une entrevue individuelle semi-standardisée où nous nous attachons à la conception qu'ont les maîtres de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. Les séries de questions qui la composent abordent quatre grands thèmes touchant respectivement le rôle et la place de l'intuition, le rôle et la place de la compréhension et des habiletés, le rôle et la place de la découverte et des définitions et enfin l'importance accordée par l'enseignant ou l'enseignante aux erreurs de ses élèves. Ces entrevues, enregistrées au magnétophone, ont été par la suite retranscrites afin d'en faciliter l'analyse.

Ces trois instruments ont été utilisés avec un groupe expérimental immédiatement avant, puis immédiatement après le cours où les maîtres étaient initiés à l'analyse des concepts et à la mini-entrevue.

Le test de correction de même que le questionnaire sur la perception des mathématiques ont été administrés à tous les membres du groupe alors que les entrevues ont été conduites auprès de six enseignants et enseignantes choisis au hasard dans ce groupe, à raison d'une personne par année du primaire. Nous croyons ce nombre suffisant pour atteindre l'objectif visé, un nombre plus grand ne servant qu'à décupler la tâche d'analyse - déjà lourde étant donnée la longueur des entretiens - sans apporter beaucoup plus de renseignements utiles.

Les instruments d'évaluation peuvent eux-mêmes avoir une influence sur les perceptions qu'ils servent à évaluer, provoquer ces changements dont ils veulent juger de la présence et de l'importance. Aussi le recours à un groupe témoin avec lequel nous utilisions les mêmes outils s'avérait-il essentiel. Ce groupe devait être comparable au groupe expérimental, c'est-à-dire composé lui aussi de maîtres en exercice inscrits à un cours régulier d'un programme de perfectionnement de la F.E.P., avec une différence importante cependant: le cours suivi entre le pré-test et le post-test devait n'être en aucun cas un cours de mathématiques, ni même un cours où les mathématiques jouent un rôle important, car il aurait alors été impossible de discerner les changements provoqués par les instruments d'évaluation de ceux amenés par le cours lui-même. Par ailleurs, les conditions d'administration du test et du questionnaire de même que celles prévalant pour les entrevues ont été les mêmes que pour le groupe expérimental: immédiatement avant le début puis immédiatement après la fin du cours, nous avons utilisé les deux premiers instruments avec l'ensemble des gens composant le groupe témoin alors que l'entrevue a été menée auprès de six candidates choisies dans ce groupe.

Une fois recueillies les données, nous avons procédé à l'analyse qui reposait, d'une part, sur la comparaison des résultats tirés du pré et du post-test et, d'autre part, sur la comparaison des réponses fournies par le groupe expérimental et celles obtenues du groupe témoin. Les détails du plan de ces analyses sont présentés dans la dernière partie du présent chapitre.

Méthode

1. Sélection des sujets

Ainsi que cela était annoncé dans ce qui précède, le groupe expérimental était composé de maîtres du primaire en exercice et dûment inscrits à un cours régulier de perfectionnement en mathématiques de la Faculté d'Éducation Permanente de l'Université de Montréal. Le groupe comprenait au départ vingt-deux personnes, soit vingt femmes et deux hommes. Quatre des femmes n'ont pu être retenues comme sujet de l'expérience, soit qu'elles aient abandonné le cours avant la fin ou alors, en raison d'absence lors des pré ou post-tests. Les femmes demeurant malgré tout très majoritaires au sein de notre échantillon, nous utiliserons le féminin de préférence au masculin lorsque nous désignerons l'ensemble des gens le composant.

La décision de travailler avec des maîtres en exercice n'était pas la seule possible: nous aurions aussi pu nous arrêter à des classes de futurs maîtres, choix à notre avis tout aussi acceptable que le nôtre pour qui veut étudier la perception qu'ont les gens des mathématiques. Cependant, plusieurs raisons nous ont amenés à préférer des personnes plongées dans la pratique; il y a d'abord les raisons générales qui avaient déjà motivé un tel choix lors de l'étude exploratoire:

- les maîtres en exercice se révèlent souvent plus critiques vis-à-vis ce qui leur est proposé, ce, grâce à leur expérience qui leur permet de mieux juger de l'intérêt véritable de ce qui est présenté;

- ils et elles ont également la possibilité de tester dans la réalité de leur classe les connaissances et les outils mis à leur disposition dans le cadre du cours. On le verra plus loin, cela va s'avérer particulièrement utile dans la réalisation de leurs projets, la mise au point et l'expérimentation de la mini-entrevue notamment.

À ces raisons s'adjoignent d'autres motifs qui tiennent plus directement à la nature de l'étude ici menée. Car dans cette étude, ce n'est pas la seule perception des mathématiques qui est visée, nous nous intéressons également à l'évolution de la conception de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques chez nos sujets. Dès lors, les deux types de groupes de maîtres, ceux en formation initiale et ceux en perfectionnement, ne sont plus du tout équivalents: car si les maîtres en exercice ont une conception de cet enseignement et de cet apprentissage qui repose sur une véritable expérience pratique, celle des futurs maîtres ne peut s'appuyer que sur leur expérience d'élèves, ce qui est plus limité. Et ajoutons qu'il serait vraisemblablement plus facile de changer cette conception de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques chez les futurs maîtres dans la mesure où elle n'est justement pas cristallisée par une pratique scolaire. Aussi estimions-nous que si nous réussissions à la changer chez les maîtres en exercice, nous serions virtuellement assurés de pouvoir faire de même avec les futurs maîtres alors que l'inverse n'est pas nécessairement vrai.

Nous avons par ailleurs préféré le cadre naturel du perfectionnement des maîtres à un cadre davantage de type "laboratoire": car nous aurions également pu choisir d'initier quelques enseignants à l'analyse conceptuelle, soit individuellement, soit en petit groupe, pour ensuite chercher des évidences de modifications de leurs perceptions. Par contre, un succès obtenu dans des conditions aussi particulières ne permettrait pas de conclusions sur l'utilisation de notre approche dans un cadre plus normal. Aussi avons-nous écarté cette solution et ce, d'autant plus facilement que les recherches exploratoires avaient déjà démontré la faisabilité de notre projet dans le cadre d'un cours régulier de perfectionnement.

Notre groupe témoin présentait les mêmes caractéristiques que notre groupe expérimental. De la vingtaine de sujets présents au départ, seize ont pu être retenus pour les fins de l'expérimentation: notons que si des personnes ont dû être écartées, ce n'est pas en raison de réticences ou de refus de participer de leur part mais simplement, comme dans le groupe

expérimental, à la suite d'absence lors de tests ou d'abandon de cours. Une fois de plus, les femmes étaient ici largement majoritaires - quatorze femmes contre deux hommes - de sorte que le choix du genre féminin l'emportera encore le plus souvent, de façon très démocratique, dans les descriptions à venir. Comme nous l'avons déjà indiqué, ces enseignantes étaient toutes, à l'instar de celles composant le groupe expérimental, des personnes en exercice inscrites à un programme régulier de perfectionnement des maîtres de la Faculté d'Éducation Permanente de l'Université de Montréal. Les tests ont été administrés et les entrevues réalisées dans des conditions tout à fait analogues à celles qui ont prévalu avec le groupe expérimental de sorte que la seule différence apparente entre nos deux échantillons tenait au caractère non mathématique du cours offert aux enseignantes témoins.

2. Organisation du cours expérimental

2.1 Choix du professeur

Au niveau du choix du professeur pour le groupe expérimental, une nouvelle alternative s'offrait à nous: le cours serait-il donné par l'expérimentateur lui-même, comme dans l'étude exploratoire, ou par une personne autre, formée comme il se doit à l'approche proposée? Cette personne devrait bien sûr connaître le modèle de la compréhension sur lequel s'appuie l'analyse des concepts et connaître de même le principe et les techniques de la mini-entrevue. C'est finalement ce choix d'une personne extérieure à l'expérience menée qui a été retenu car il présentait des garanties de meilleure objectivité quant aux résultats. En effet, on évitait ainsi la tendance que pouvait avoir l'expérimentateur à diriger les enseignantes vers les résultats espérés. D'autre part, la présence trop assidue du chercheur auprès des sujets de son expérience pouvait, par la familiarité qu'elle risquait d'engendrer, biaiser les réponses en faveur des attentes de ce chercheur, les enseignantes voulant par exemple lui faire plaisir. Enfin, en séparant mieux l'aspect recherche incarné par l'expérimentateur de l'aspect cours rattaché au professeur, on éliminait une part du doute qui pouvait subsister chez les enseignantes, doute

touchant les rapports entre leur évaluation comme étudiantes inscrites à ce cours et l'évaluation de l'expérience: si cette distinction n'avait pas été nette, une enseignante interrogée pour les fins de la recherche aurait par exemple très bien pu donner une réponse à laquelle elle ne croyait pas dans le but d'obtenir une meilleure note.

Nous avons finalement eu la chance de profiter des services de madame Nicole Nantais comme professeure de notre groupe expérimental: nous ne pouvions rêver d'une personne mieux qualifiée pour accomplir cette tâche essentielle et délicate puisqu'elle connaissait parfaitement tous les éléments de l'approche tout en étant une animatrice fort dynamique. Quant au groupe témoin, le cours suivi entre le pré et le post-test, n'ayant rien à voir avec les mathématiques, il relevait forcément de la responsabilité d'une personne tout-à-fait extérieure à notre projet.

2.2 Description du cours

Le cours donné aux enseignantes du groupe expérimental avait comme objectif premier la formation de ces maîtres à l'analyse de concepts mathématiques du primaire à l'aide d'un modèle de la compréhension. Il était, avons-nous déjà précisé, une version améliorée de celui utilisé lors de l'expérience exploratoire. Ainsi, la partie théorique de départ où, lors de la première expérience, on avait d'abord présenté quelques éléments des théories de Piaget puis les différents modèles de la compréhension en décrivant leur évolution historique depuis celui de Bruner (1960) jusqu'au tétraèdre de Byers et Herscovics (1977), a été complètement éliminée. Une seconde amélioration a été apportée du côté du modèle de la compréhension lui-même, modèle sur lequel s'appuie l'ensemble des activités du cours. Nous avons déjà raconté, au chapitre II, comment le modèle du tétraèdre d'abord utilisé s'est vu transformé à la suite de la première expérience et d'autres études sur la question, pour évoluer vers un nouveau modèle plus adéquat, modèle dit "constructiviste", dans lequel sont identifiés quatre niveaux de compréhension des notions et concepts mathématiques: la compréhension intuitive, la compréhension procédurale, l'abstraction et la formalisation. C'est ce modèle nouveau qui

a cette fois servi de cadre à l'analyse d'un certain nombre de notions et concepts mathématiques enseignés au primaire: les concepts de nombre naturel et des quatre opérations (limitées aux petits nombres), les algorithmes rattachés à ces opérations de même que la numération décimale positionnelle.

La dernière transformation importante apportée au cours a été l'adjonction d'une initiation des enseignantes au nouvel outil leur permettant d'évaluer de façon pratique le niveau de compréhension atteint par leurs élèves, la mini-entrevue. Instrument d'évaluation formative, la mini-entrevue est conçue de façon à ce que le maître puisse interroger individuellement chacun des enfants sans sortir du contexte de la classe. On se rappellera qu'une description plus complète de cette mini-entrevue, de ses méthodes et objectifs apparaît également au chapitre II.

2.3 Déroulement des activités

Tout comme lors de l'expérience exploratoire, le cours en était un de quarante-cinq heures à raison d'une rencontre hebdomadaire de trois heures. Il ne s'est cependant étendu que sur treize semaines puisque, suivant ce qui se passe fréquemment dans ces cours, il a été possible de profiter de deux congés pédagogiques pour faire, à chaque fois, des journées complètes de deux fois trois heures.

L'approche utilisée pendant ces rencontres était conforme à ce qui avait été fait lors de la première expérience et respectait les principes constructivistes de l'apprentissage mis de l'avant: suivant nos convictions maintes fois exprimées, il ne s'agissait pas de simplement transmettre des connaissances aux enseignantes mais de leur permettre de se les bâtir en profitant des capacités d'analyse du groupe entier. En ce qui touche l'analyse conceptuelle, c'est par la pratique que les enseignantes y ont été formées. Un premier concept a d'abord été étudié en plénière, les gens émettant toutes les idées pouvant exprimer ou décrire ce que signifie "comprendre ce concept"; l'animatrice notait à mesure sur le tableau ce qui était dit. Par la suite le groupe s'est scindé en petites équipes de trois

ou quatre personnes, chacune de ces équipes ayant pour tâche de mettre de l'ordre dans les idées ainsi accumulées, d'en faire une classification, d'établir une hiérarchie des diverses façons de comprendre le concept. Un retour en plénière permettait finalement la mise en commun des classements établis et la discussion des mérites de chacun de ces classements. Les expériences passées avaient prouvé qu'avec cette approche, les enseignantes arrivent à décrire de façon satisfaisante plusieurs niveaux de compréhension d'un concept donné, certaines proposant même une description étonnamment proche de celle du modèle utilisé. La même démarche a ensuite été reprise, à la rencontre suivante, avec un second concept. C'est en mettant ensemble les résultats obtenus des deux analyses que l'on a fait ressortir, avec l'aide des gens du groupe, les grandes caractéristiques du modèle et qu'ont été présentées les descriptions des divers niveaux de compréhension. Par la suite, les analyses des autres concepts et notions ont été effectuées à l'intérieur du cadre ainsi défini en utilisant toujours cette même démarche: "brain storming" en plénière, classification en petites équipes et retour en plénière. On a ainsi étudié une ou deux notions par rencontre (une dizaine de notions en tout), le reste du temps étant consacré aux autres activités du cours.

L'initiation à la construction et à l'utilisation de la mini-entrevue s'est faite de façon quelque peu différente, à l'intérieur des projets qui constituaient les travaux des étudiantes pour le cours. En effet, ces étudiantes avaient à réaliser trois projets qui devaient servir à leur évaluation, une large part de ces projets devant s'effectuer à l'intérieur des trois heures de rencontre hebdomadaire. Comme premier projet, elles devaient, dès la première rencontre, élaborer un petit questionnaire d'examen écrit portant sur des notions qu'elles enseignaient. Ce test était préparé en petites équipes rassemblant des enseignantes oeuvrant à un même niveau du primaire. Ces enseignantes devaient par la suite administrer ce questionnaire à leurs élèves et remettre, en plus d'un exemplaire du questionnaire, une analyse des résultats obtenus avec leur classe. C'est avec le second projet que commençait l'initiation à la mini-entrevue proprement dite. Dans un premier temps, on fournissait deux

exemples de mini-entrevue accompagnés d'un guide méthodologique sommaire: la mini-entrevue présente en effet un côté technique élaboré que les enseignantes n'avaient pas à rebâtir, l'important étant qu'elles arrivent à construire elles-mêmes une mini-entrevue en s'appuyant sur ces règles qui servent à la définir. Cette construction d'une mini-entrevue portant sur un aspect précis de la compréhension d'une notion analysée dans le cours constituait justement le second projet. Le travail se faisait, cette fois encore, à l'intérieur des rencontres et devait aussi être mené à bien en petites équipes d'enseignantes oeuvrant à un même niveau. La notion choisie par l'équipe devait évidemment appartenir au programme du niveau en question. Le troisième projet était constitué de l'expérimentation par l'enseignante de cette mini-entrevue élaborée en équipe: elle devait l'utiliser avec un minimum de six élèves de sa classe, élèves qu'elle interrogeait individuellement pour ensuite faire l'analyse des réponses obtenues. Cette approche nous semblait intéressante à plus d'un point de vue car elle s'appuyait sur la pratique du maître qui devenait élément actif de son initiation à l'outil que nous voulions mettre entre ses mains et lui fournissait, si l'on pense au premier projet, un point de comparaison avec la pratique habituelle où l'évaluation des élèves repose d'abord sur des tests écrits.

3. Les instruments pour l'évaluation de l'expérience

Une brève esquisse des outils utilisés pour l'évaluation de l'expérience a été présentée au départ de ce chapitre. Avant de décrire ces instruments en détail, quelques précisions s'imposent sur l'esprit qui nous a animé lors de leur mise au point, sur les préoccupations qui nous ont alors guidés, afin d'aider à mieux comprendre ce qui a été fait et pourquoi cela a été fait de cette manière.

La première conviction qui nous gouvernait voulait que, dans toute recherche, la nature de l'objet d'investigation soit déterminante dans le choix de la méthode et des outils de recherche. C'est ainsi que, voulant étudier l'influence d'un cours sur les perceptions des maîtres, il devenait "naturel" de comparer ces perceptions avant puis après ce cours tout en

ayant recours à un groupe témoin pour contrôler le mieux possible les variables non désirées. D'autres façons de procéder auraient été ici possibles: comme suivre les enseignantes tout au long du cours et/ou aller vérifier leur attitude en classe avec leurs élèves mais les techniques qui permettent ces types d'observation demeurent difficiles à utiliser et risquent d'avoir une influence importante sur les actions et réactions des personnes qui y sont soumises. Notre choix nous a paru le plus "sûr" dans les circonstances.

Il nous a, par ailleurs, semblé qu'une telle étude sur les perceptions, si elle voulait aller en profondeur, ne pouvait se limiter à une analyse statistique de réponses apportées à des tests et questionnaires écrits: non qu'il faille rejeter catégoriquement toute approche quantitative s'appuyant sur de tels tests et questionnaires, mais les perceptions et conceptions s'expriment habituellement avec une foule de nuances que ne peuvent facilement traduire les tableaux de nombres les plus complets, les statistiques les mieux élaborées. D'où l'importance de laisser aussi les gens exprimer leur pensée en mots et phrases et d'appuyer notre analyse sur ces mots et phrases sans tenter de les réduire à tout prix à quelques variables chiffrées.

On retrouve là une des caractéristiques fondamentales de la méthode de l'étude exploratoire: le recours à une forme d'évaluation qui se veut davantage analyse des idées que manipulation statistique. Les statistiques ne sont pas ici comp'ètement mises à l'écart mais ne jouissent pas non plus d'un statut particulier, participant simplement à une recherche d'indications convergentes. Cette recherche de convergences est d'ailleurs une autre des caractéristiques fondamentales de notre approche méthodologique comme cela avait aussi été le cas lors de la première expérience. Nous en sommes conscients, les perceptions et conceptions sont très souvent, pour les gens mêmes qui les véhiculent, floues, imprécises. Leur fluidité, conjuguée à leur complexité rend vain tout espoir d'en obtenir une image nette et définitive à l'aide d'un seul instrument. La plupart des outils ne fourniront qu'un aperçu très partiel, des indices limités de la nature profonde de ces perceptions. D'où la

nécessité d'avoir recours à plusieurs sources de renseignements complémentaires afin de brosser un portrait à partir des indications convergentes qu'elles fourniront éventuellement.

C'est tout cela que nous avons voulu respecter en mettant au point les trois outils d'évaluation utilisés lors de l'expérimentation. Ces trois outils, test, questionnaire écrit et entrevue, diffèrent de nature et diffèrent aussi, on l'a vu, par leur objet d'investigation respectif: ces objets, centration sur la réponse et/ou le raisonnement, perception des mathématiques et perception de l'enseignement/apprentissage en mathématiques, sont cependant intimement liés entre eux et la façon de les aborder dans ces outils rend possible de multiples recoupements entre les réponses verbales ou écrites fournies par nos enseignantes. Dans les pages qui suivent, nous présentons les descriptions détaillées de chacun de ces outils. Nous exposerons ensuite notre plan d'analyse en insistant particulièrement sur les recoupements possibles entre les résultats attendus.

3.1 Le test de correction

Le test de correction a été conçu dans le but de déterminer l'importance relative accordée par l'enseignante aux réponses fournies par l'élève, d'une part, et aux raisonnements qui se cachent derrière ces réponses, d'autre part. Dans ce but, deux problèmes très simples, l'un en géométrie et l'autre en arithmétique, ont été composés; ces problèmes étaient vraiment très élémentaires afin d'éviter qu'un manque éventuel de connaissances chez l'enseignante puisse la mettre mal à l'aise et l'empêcher d'agir comme elle le fait habituellement avec des copies de ses élèves. Car avec chaque problème, on a remis à chacune quatre copies d'élèves fictifs, copies où l'on retrouve respectivement

- une bonne réponse avec solution complète (type 1),
- une bonne réponse mais sans solution ou raisonnement (type 2),

- une bonne réponse émergeant d'un raisonnement erroné (type 3),

- une mauvaise réponse accompagnée d'un bon raisonnement (type 4).

Comme on peut le voir sur la feuille de directives reproduite plus loin, au tableau 4, les enseignantes étaient, dans un premier temps, priées de noter (sur dix points) les copies comme elles l'auraient fait de copies véritables de leurs élèves. Précisons que l'ordre des copies était aléatoire afin que la notation soit le moins possible orientée par cet ordre. Dans un second temps, elles devaient expliquer les notes accordées, soit sur les copies mêmes ou encore sur une feuille supplémentaire qui leur était remise à cet effet. La feuille de directives se lisait comme suit:

Tableau 4

Feuille de directives pour le test de correction

Voici deux petits cahiers: chacun contient un problème très simple et quatre copies d'élèves. Nous vous demandons de corriger ces copies comme vous le feriez s'il s'agissait de copies d'examens de vos propres élèves et d'attribuer à chaque copie une note sur 10.

Par la suite, sur la feuille supplémentaire ou sur les copies mêmes, vous expliquez votre correction de chacun des problèmes.

Merci.

P.S. Prière d'indiquer dès maintenant votre nom sur chaque cahier et sur la feuille: car si vous oubliez, nous risquons d'avoir du mal à savoir quoi va avec quoi...

Comme cela est indiqué sur cette feuille de directives, chacun des problèmes apparaissait sur une page à la suite de laquelle étaient brochées les soi-disant copies d'élèves, le tout formant un petit cahier de huit pouces et demi sur cinq pouces et demi.

Le problème de géométrie était le suivant:

Quelle serait l'aire d'un jardin rectangulaire dont les côtés mesurent respectivement 3 m et 6 m ?

Les copies à corriger sont reproduites dans le tableau 5; elles ne se présentaient cependant pas l'une à la suite de l'autre comme ici puisque chacune occupait une page du petit cahier, le reste de cette page étant laissé en blanc pour permettre à l'enseignante de réagir à sa guise sans être trop limitée par l'espace.

Tableau 5

Copies des élèves fictifs
ayant répondu au problème de géométrie (Test de correction)

---

a) Manuelle: bon raisonnement, bonne réponse (type 1)

Nom Manuelle

3 × 6 = 18

Réponse 18 m²

b) André: raisonnement non fourni, bonne réponse (type 2)

Nom ANDRÉ

Réponse: 18 m²

d) Isabelle: mauvais raisonnement, bonne réponse (type 3)

Nom Isabelle

3 × 4 + 3 + 4 = 18

Réponse : 18 m²

d) Marc: bon raisonnement, mauvaise réponse (type 4)

Nom Marc

6 × 3 = 16

Réponse 16 m²

La présentation du problème d'arithmétique était tout-à-fait analogue: une page pour le problème lui-même et une autre pour chacune des copies d'élèves. Le problème se lisait:

> Pierre a quatre douzaines d'oeufs.
> Jacques n'en a que deux douzaines.
> Combien Pierre a-t-il d'oeufs de plus que Jacques?

Dans le tableau qui suit sont reproduites les copies des élèves:

Tableau 6

Copies des élèves filles ayant répondu au problème d'arithmétique (Test de correction)

a) Illustrer bon raisonnement, bonne réponse (type 1)

Nom Nicole

Pierre a 4 x 12 = 48 oeufs

Jacques a 3 x 12 = 24 oeufs

48 - 24 = 24

Réponse: 24 oeufs

b) Sylvain raisonnement non fourni, bonne réponse (type 2)

Nom SYLVAIN

RÉPONSE 24 OEUFS

c) Jean: mauvais raisonnement, bonne réponse (type 3)

Nom Jean

Jacques a 3 x 12 = 24 ans

Réponse 24 ans

d) Renée: bon raisonnement, mauvaise réponse (type 4)

Nom Renée

4 x 12 = 48

3 x 12 = 24

48 - 24 = 18 Réponse 18 ans

Enfin, la feuille supplémentaire sur laquelle les maîtres pouvaient expliquer leur notation, s'ils préféraient ne pas le faire directement sur les copies, est reproduite intégralement à la page suivante (tableau 7).

Tableau 7

Feuille que les enseignantes peuvent utiliser pour justifier leurs corrections

---

NOM: _____

Veuillez expliquer votre correction

a) du problème de géométrie;

b) du problème d'arithmétique.

Ce test a l'avantage de viser l'objectif, c'est-à-dire déterminer l'importance relative accordée par le maître à la réponse et au raisonnement, d'une façon simple et immédiate. En effet, la personne qui accorde plus d'importance à la réponse donnera vraisemblablement une note faible lorsque celle-ci est mauvaise même si la solution est bonne (type 4); par contre, elle attribuera une note élevée à une bonne réponse même si cette dernière émerge d'un raisonnement fautif (type 3) ou absent (type 2). Quant à la personne qui attache plus d'importance au raisonnement qu'à la réponse, ses réactions seront vraisemblablement à l'opposé de celles que nous venons de décrire. Les justifications fournies par les sujets soumis à ce test devraient par la suite servir à valider les conclusions tirées des notes accordées, la présence de deux problèmes comparables choisis dans deux domaines différents apportant aussi un nouvel élément de validation.

3.2 Le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires

Le questionnaire sur la perception des mathématiques a été conçu, comme son nom l'indique, dans le but de déterminer quelles sont les perceptions des mathématiques qui dominent chez les maîtres du primaire. À cet effet, nous avons retenu trois grandes perceptions - traditionaliste, formaliste et constructiviste - en nous appuyant sur les descriptions présentées dans le chapitre de problématique et sur les réflexions proposées dans le chapitre du cadre théorique. Les deux premières perceptions correspondent, comme cela a été mentionné, aux courants les plus susceptibles d'avoir marqué les enseignants et enseignantes du primaire alors que la troisième vision, la vision constructiviste, est celle vers laquelle, d'après l'hypothèse de la recherche, les maîtres devaient évoluer à la suite de leur formation à l'analyse conceptuelle.

La vision traditionaliste, issue justement de l'époque dite traditionnelle mais également très influente dans le plus actuel mouvement du "back to basics", présente les mathématiques comme une collection d'outils dont l'école doit fournir le mode d'emploi pour amener les élèves à les utiliser convenablement et ainsi conférer à ces élèves un certain pouvoir sur le réel. Ce pouvoir garde cependant, aux yeux de

plusieurs et particulièrement des gens qui n'oeuvrent pas dans le domaine mathématique, un caractère magique, mystérieux car si les résultats que l'on peut en obtenir sont évidents, on ne comprend pas toujours pourquoi et comment les outils fonctionnent. À l'école, cette perception traditionnelle se traduit par des mathématiques faites de règles, de calculs et de procédures où la composante habileté vient bien souvent dominer sinon occulter les autres composantes d'une compréhension véritable.

La conception formaliste est, pour sa part, plus éloignée de telles considérations pragmatiques mais demeure souvent loin de l'activité mathématique réelle: inspirée par ce qui a été jusqu'à il y a peu, la vision philosophique dominante, elle se centre plutôt sur l'image de la discipline mathématique comme elle est présente dans les travaux mathématiques achevés, d'où l'accent mis sur une mathématique unifiée derrière quelques grands concepts, sur la rigueur et la précision dans le langage et la symbolisation. Une insistance trop vive et souvent prématurée sur ces aspects formels a hélas bien souvent contribué à les priver de sens véritable.

Dans la perspective constructiviste enfin, on s'attache non plus aux mathématiques comme corpus de connaissances achevées mais aux mathématiques comme elles sont créées ou inventées: c'est un point de vue nettement plus épistémologique que les précédents, point de vue où priment les processus de pensée, la démarche de connaissance des personnes qui "font" (construisent ou reconstruisent) ces mathématiques. On reconnaît alors la valeur de chacune des étapes, la mathématique formelle n'y apparaissant que comme étape ultime, n'ayant ni plus ni moins de valeur que les autres où, par exemple, interviennent l'intuition, les images plus concrètes.

Pour ce questionnaire, nous avions, au départ, pensé poser une question ouverte (Comment percevez-vous les mathématiques?) précisée éventuellement par quelques sous-questions mais une brève tentative dans ce sens nous a vite convaincus de l'inanité d'une telle approche: les quelques enseignantes et futures enseignantes interrogées lors d'une

rapide pré-expérimentation ont expliqué qu'elles percevaient "bien ou mal" les mathématiques, qu'elles se sentaient ou non "à l'aise" pour en faire... interprétant nos questions et y répondant en termes d'attitudes plutôt que de définition ou de description de la nature des mathématiques. De nouvelles questions plus explicitement dirigées vers le but visé ont alors été élaborées, questions du type "votre perception des mathématiques est-elle plutôt traditionnelle, formaliste ou constructiviste?" Le problème en est alors devenu un de vocabulaire: les enseignantes ne savaient pas exactement ce que signifiaient les termes traditionnelle, formaliste ou constructiviste de sorte qu'elles se trouvaient gênées de répondre ou alors, elles répondaient sans nécessairement attribuer le même sens que nous aux mots utilisés. Il aurait alors fallu leur faire définir ces mots, ce qui était une tâche longue et difficile, mais sans laquelle l'analyse des réponses devenait tout à fait impossible.

C'est pourquoi nous avons finalement préféré une approche plus indirecte qui permettait de contourner ces difficultés. Des descriptions d'activités mathématiques ont été regroupées en trois catégories dont les étiquettes sont directement inspirées des visions présentées plus haut:

- les mathématiques comme savoir-faire;
- les mathématiques comme rigueur logique;
- les mathématiques comme démarche de construction.

Ces étiquettes correspondent respectivement, sans que cela soit dit sur le questionnaire, aux visions traditionaliste, formaliste et constructiviste. Sous chaque étiquette, on retrouve quelques énoncés du genre "faire des mathématiques, c'est faire des calculs", "utiliser des règles", ou encore, "c'est faire des démonstrations rigoureuses", "utiliser un langage précis" ou alors, "c'est développer des processus de pensée", "rechercher des relations entre notions"... Dans le tableau 8 de la page suivante, on a reproduit le haut de la feuille du questionnaire où ces catégories d'énoncés étaient proposées aux maîtres.

Tableau 8

Partie supérieure du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires énoncés descripteurs des perceptions traditionaliste (A), formaliste (B) et constructiviste (C)

NOM: _____

Voici trois groupes d'énoncés qui peuvent décrire ce que c'est que de

"faire des mathématiques"

GROUPE A: les mathématiques comme savoir-faire

Faire des mathématiques, c'est: faire des calculs;

utiliser des règles;

utiliser des procédures;

appliquer des formules.

GROUPE B: les mathématiques comme rigueur logique

Faire des mathématiques, c'est: faire des démonstrations rigoureuses (à partir d'axiomes, postulats et définitions);

utiliser un langage précis et rigoureux;

employer les concepts unificateurs (ensembles, graphes sagittaux, etc.).

GROUPE C: les mathématiques comme démarche de construction

Faire des mathématiques, c'est: développer des processus de pensée;

construire des formules et des règles à partir du réel, d'expériences concrètes;

rechercher des relations entre différentes notions.

Deux questions faisaient suite aux énoncés. La première visait, par sa formulation, à centrer les enseignantes sur leur perception des mathématiques comme telles et non sur leur enseignement de cette discipline, lequel enseignement faisait plutôt l'objet des entrevues individuelles dont nous parlerons plus loin. Pour répondre à cette question, l'enseignante devait ici ordonner les trois groupes d'énoncés quant à l'importance qu'ils ont à ses yeux: il faut remarquer dans cette question, le recours possible au signe d'égalité (=) en plus du signe "plus grand que" (>) qui permettait à l'enseignante de signifier, s'il y avait lieu, qu'elle attachait la même importance à deux ou même aux trois perceptions décrites.

Dans la seconde question, on priait l'enseignante de partager trente points entre les trois groupes d'énoncés en accordant le plus haut score au groupe qui lui semblait le plus important et la note la plus faible au groupe dont l'importance était moindre à ses yeux. La réponse à cette seconde question devait nous permettre de valider la hiérarchie présentée en réponse à la première tout en précisant, grâce à la pondération exigée, l'importance relative accordée à chacune des trois perceptions. Bien qu'à prime abord on puisse croire que l'on pouvait garder simplement cette seconde question et se dispenser de la première, il nous a semblé que la quantification était rendue plus facile par une hiérarchisation préalable des diverses perceptions.

On trouve au tableau 9, les deux questions présentées sous la forme précise suivant laquelle elles ont été soumises aux enseignantes; ces questions apparaissaient sur la même feuille, de format légal, où étaient proposées les trois groupes d'énoncés à ordonner.

Tableau 9

Partie inférieure du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires*

(Première version: perception des mathématiques étudiées)

En vous basant sur les mathématiques que vous avez étudiées jusqu'à maintenant et non pas sur celles que vous enseignez, veuillez indiquer ce que signifie pour vous "faire des mathématiques" en classant ces trois groupes d'énoncés suivant l'importance que vous leur accordez. S'il vous plaît, remplir les trois cases ci-dessous par les lettres A, B et C et indiquez votre hiérarchie en plaçant entre les cases les signes appropriées: = ou >.

☐ ☐ ☐

Veuillez ensuite indiquer quelle importance vous attribuez à chacun des groupes d'énoncés en partageant trente (30 points) entre eux.

L'importance que j'accorde au groupe A est ☐

L'importance que j'accorde au groupe B est ☐

L'importance que j'accorde au groupe C est ☐

Total: 30 points

---

* Cette partie inférieure apparaissait immédiatement à la suite de la partie supérieure (tableau 8), le tout remplissant une page de format légal.

Deux remarques s'imposent avant de clore cette description de notre second instrument d'évaluation. La première pour signaler que nous avons ajouté un élément au moment du post-test, ce, autant avec les sujets du groupe témoin qu'avec ceux du groupe expérimental: le questionnaire leur a, en effet, d'abord été administré dans la forme exacte que nous venons de décrire et que nous avions aussi utilisée lors du pré-test. Mais, dans un second temps du post-test, nous avons, en plus, demandé aux enseignantes de juger à nouveau les groupes d'énoncés en s'appuyant cette fois sur leur enseignement des mathématiques. On peut voir, au tableau 16, comment les questions ont alors été formulées. Cet ajout au post-test nous a semblé important puisque lors de conversations, plusieurs enseignantes nous avaient avoué avoir éprouvé une certaine insatisfaction en répondant au questionnaire (première version) lors du pré-test, leur vision des mathématiques comme elles les ont étudiées ne correspondant pas nécessairement à leur vision des mathématiques comme matière d'enseignement. Nous avons voulu faire disparaître cette insatisfaction et vérifier du même coup s'il y avait vraiment, d'une façon générale, deux visions différentes pour l'ensemble des enseignantes interrogées.

Tableau 10

Partie inférieure du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires*

(Version ajoutée au post-test: perception des mathématiques enseignées)

Dans les mathématiques que vous enseignez, quel est l'ordre d'importance que vous accordez à ces trois groupes d'énoncés. S'il vous plaît, remplissez les trois cases ci-dessous par les lettres A, B et C et indiquez votre hiérarchie en plaçant entre les cases les signes appropriés: « ou ».

☐ ☐ ☐

Veuillez ensuite indiquer quelle importance vous attribuez à chacun des groupes d'énoncés en partageant trente (30 points) entre eux.

L'importance que j'accorde au groupe A est ☐

L'importance que j'accorde au groupe B est ☐

L'importance que j'accorde au groupe C est ☐

Total: 30 points

---

* Cette partie inférieure apparaissait immédiatement à la suite de la partie supérieure (tableau 8), le tout remplissant une page de format légal.

La seconde remarque touche la désignation même de ce questionnaire, originellement appelé "questionnaire sur la perception des mathématiques". Après l'avoir utilisé avec les maîtres lors du pré-test et avoir senti le besoin d'ajouter une seconde version à la première au moment du post-test, il nous est apparu que ce questionnaire portait non pas sur une perception des mathématiques en général mais bien plus sur une perception des mathématiques que l'on retrouve dans le contexte de l'école: il n'est qu'à considérer les divers énoncés entrant dans chacune des catégories et les questions portant sur les mathématiques étudiées ou enseignées pour s'en laisser aisément convaincre. Ceci explique pourquoi nous avons ajouté le terme "scolaires" à l'appellation d'abord choisie.

3.3 L'entrevue semi-standardisée

L'entrevue semi-standardisée, notre troisième instrument, a été élaborée dans le but premier - mais non unique - d'identifier les conceptions qu'ont les maîtres du primaire de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. Sans nier la valeur des deux autres, c'est à cet outil que nous attachions et que nous attachons encore le plus d'importance, ce, pour plusieurs motifs exposés dans les paragraphes qui suivent, motifs qui justifient en même temps notre choix d'y avoir recours.

La première raison tient à certaines réminiscences de l'étude exploratoire où nous avions beaucoup appris de conversations informelles avec les enseignantes: c'est ce recours fructueux aux réactions et réflexions verbales des sujets que nous avons voulu systématiser ici.

La deuxième raison est une question de cohérence: défendant la nécessité pour les maîtres de ne pas se limiter aux seuls tests et examens écrits mais d'aller interroger directement les enfants pour cerner, à l'aide de la mini-entrevue par exemple, leur compréhension véritable, nous avons logiquement dû reconnaître cette même nécessité dans notre travail de recherche; il aurait été présomptueux, voire même aléatoire, de tenter de mettre à jour des conceptions des enseignantes sans nous adresser directement aux personnes concernées. Il nous est ainsi vite apparu

pertinent de les interpeller personnellement au lieu de nous limiter à observer leur conduite et leur rendement dans certaines tâches ou à obtenir une auto-évaluation par un questionnaire. Test ou questionnaire, nous l'avons reconnu en nous en servant, ont leur utilité, ils peuvent fournir des indications précieuses; mais ils risquent aussi de laisser dans l'ombre certains éléments essentiels. Ainsi, quelques expériences préliminaires ont démontré la nécessité de nous assurer que les champs sémantiques des chercheurs et des sujets coïncident, sans quoi l'interprétation des réponses obtenues devient difficile, voire impossible. Poser verbalement des questions nous a semblé le moyen le plus naturel - peut-être même n'en existe-t-il pas d'autre - de vérifier cette adéquation et d'identifier les diverses conceptions avec un degré de certitude raisonnable alors que le sens des mots servant à traduire ces conceptions peut varier considérablement avec les individus. Sur ce plan, l'entrevue devenait à nos yeux, le complément indispensable des deux premiers outils.

Mais il y a plus, et nous arrivons là à la troisième grande raison motivant notre choix de mener des entrevues, raison qui touche la caractéristique méthodologique fondamentale de cette étude, la recherche d'indications convergentes. Déjà certains recoupements étaient prévisibles entre les réponses attendues du test et du questionnaire: ainsi, le maître véhiculant une conception très traditionaliste et instrumentale des mathématiques et mettant ainsi l'accent sur l'utilisation de règles, procédures et algorithmes devait, dans le test, se montrer très intéressé par l'exactitude des réponses des élèves sans attacher la même importance à leurs raisonnements. Mais un tel rapprochement serait demeuré très hypothétique si nous n'avions eu que sa cohérence à offrir comme preuve de sa justesse. Par contre, une entrevue bien préparée et suffisamment élaborée pouvait permettre non seulement de scruter les conceptions qu'ont les maîtres de l'enseignement/apprentissage mais aussi d'examiner, directement ou indirectement, les autres questions abordées dans le test et le questionnaire: les recoupements ainsi rendus possibles conduiraient à des conclusions mieux assurées dans la mesure où elles s'appuyeraient sur des opinions explicitement exprimées. D'où la si grande importance attachée à l'entrevue, importance justifiée non pas seulement par le

sujet-thème principal que l'on y aborde mais bien plus par les possibilités de recoupement et de validation des réponses obtenues par ailleurs qu'elle offre.

Cette entrevue a été qualifiée de semi-standardisée: qu'est-ce à dire exactement? Une entrevue est standardisée - d'aucuns diraient plutôt dirigée - lorsque des questions sont soigneusement préparées pour amener une personne à s'exprimer sur un sujet donné; et si les questions sont soigneusement préparées, cela signifie en particulier que l'on a veillé à ce qu'elles soient les moins suggestives possibles car si l'on veut diriger la personne vers un thème précis, il ne s'agit pas de lui fournir nos réponses sur ce thème: l'entrevue n'a de sens que si elle est écoute véritable de celui ou celle que l'on questionne. L'entrevue est aussi appelée standardisée parce que les mêmes questions sont systématiquement posées à tous les sujets, ceci dans le but d'établir des comparaisons entre les réponses obtenues et de peut-être arriver à en dégager certains traits plus généraux. Par contre, cette "standardisation" n'est pas totale, comme le traduit le "semi" que nous avons ajouté car il fallait conserver une certaine souplesse dans le questionnement pour aller chercher des éclaircissements, des explications supplémentaires lorsque le besoin de faire expliciter une réponse se faisait sentir. Ce caractère "ouvert" de l'entrevue nous paraissait essentiel pour pallier à un éventuel manque de clarté ou de précision, autant des questions posées que des réponses fournies: nous n'avions pas a priori décidé de l'utiliser à tout prix, nous reconnaissant plutôt le droit que le devoir de le faire.

L'entrevue elle-même comporte quatre grandes parties, chacune s'attachant à un thème particulier, les thèmes retenus étant respectivement

- l'intuition,
- la compréhension et les habiletés,
- la découverte et les définitions,
- l'erreur.

On reconnaîtra là quelques-uns des thèmes fondamentaux abordés dans le chapitre de problématique et dans celui du cadre théorique, thèmes rattachés directement, quoique de façons diverses, aux différentes conceptions à la fois des mathématiques et de la didactique des mathématiques. Ainsi, à l'opposé du maître qui, plutôt traditionnel ou formel, la néglige ou l'oublie, l'enseignant ou l'enseignante qui souhère à une vision plus constructiviste des mathématiques et de l'enseignement/apprentissage des mathématiques reconnaîtra une grande importance à l'intuition dans la démarche de création ou de re-création des connaissances mathématiques. De même, le maître à tendances behavioristes s'appuiera plus volontiers sur des définitions, cherchera à développer davantage les habiletés et ne percevra pas l'erreur de la même manière que l'enseignant ou l'enseignante plus constructiviste qui vise avant tout à accroître la compréhension de ses élèves et les amène à découvrir les notions et concepts au lieu de les leur transmettre magistralement.

Avant de préciser tout cela en présentant en détail les questions de l'entrevue, ajoutons un mot sur leurs caractéristiques générales: on remarquera que pour chaque terme-clef utilisé, on demande à la personne interrogée de définir ce qu'elle entend en utilisant ce mot. Cette exigence nous est vite apparue essentielle pour deux raisons:

- il nous fallait d'abord savoir de quoi parlait vraiment l'enseignante en reprenant un terme qui lui était amené par une question;

- un glissement du sens attribué à l'un ou l'autre de ces mots-clefs pouvait aussi traduire un changement de perception chez une enseignante.

Comme il n'est pas toujours facile de définir un terme comme nous le demandions, nous avons aussi - deuxième caractéristique importante de l'entrevue - très systématiquement suggéré aux enseignantes d'illustrer leurs définitions à l'aide d'exemples. Cette requête était évidemment

omise si l'enseignante recourait spontanément à un tel exemple. Par contre, c'est presque toujours en demandant d'illustrer ainsi par des exemples ce qu'elle venait de dire que nous avions prévu amener l'enseignante à clarifier une réponse nébuleuse ou ambiguë. C'est pourquoi de telles demandes d'exemples reviennent sans cesse dans l'entrevue, même lorsqu'il ne s'agit plus de préciser le sens attribué à un terme particulier. Ajoutons enfin que pour en faciliter ici la présentation et, plus loin, l'analyse, nous avons subdivisé les questions portant sur chacun des thèmes en séquences: ces séquences étaient cependant présentées les unes à la suite des autres, sans coupure, lorsque nous avons interrogé nos sujets.

3.3.1 Première partie de l'entrevue: l'intuition

Ce premier thème de l'intuition a été choisi parce qu'il constitue un des éléments sur lesquels les perceptions behavioristes et constructivistes de l'apprentissage des mathématiques risquent d'être fort contrastées. Pour les behavioristes en effet, la part de l'intuition dans la démarche de connaissance est congrue: la connaissance étant transmise par un agent extérieur au sujet qui connaît, les intuitions de ce dernier, même si elles constituent une première connaissance, sont sans intérêt, seule important l'acquisition de la connaissance dans sa forme achevée, forme assurant la présence des "réponses" les plus satisfaisantes. Dans la perspective constructiviste par contre, tous les "états de connaissance" du sujet importent puisque celui-ci bâtit lui-même cette connaissance, la prolongeant, l'améliorant à la mesure de ses progrès. La connaissance dite intuitive s'avère alors une première étape de cette démarche, étape fondamentale au sens le plus littéral du terme, d'où l'attention que le ou la constructiviste y accordera.

Le mot intuition étant utilisé dans de multiples sens, depuis l'idée de connaissance immédiate jusqu'à celle de pressentiment, la première séquence de questions (a à e) vise à cerner le ou les sens attribués à ce mot par l'enseignante. On peut remarquer (tableau 11) comment chaque question est doublée d'une demande d'exemple.

Tableau 11

Première partie de l'entrevue: l'intuition

Première séquence: définition/description de l'intuition

---

a) Vous connaissez le mot intuition?

NON: fin de la première partie.
OUI: question b.

b) Qu'est-ce que ce terme signifie pour vous?

c) Pouvez-vous me donner des exemples?

d) Connaissez-vous d'autres sens qui sont donnés au mot intuition?

OUI: question e.
NON: question f (tableau 12).

e) Pouvez-vous me donner des exemples?

Tableau 12

Première partie de l'entrevue: l'intuition

Deuxième séquence: place de l'intuition dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques

---

f) Pensez-vous que l'intuition ait quelque chose à voir avec l'enseignement ou avec l'apprentissage des mathématiques?

Si la personne interrogée détache sa réponse des aspects enseignement/apprentissage, l'y centrer par une question supplémentaire.

g) Pouvez-vous illustrer cela avec des exemples?

h) Pensez-vous que l'importance de l'intuition varie avec les niveaux du primaire?

i) Pouvez-vous me donner des exemples?

La seconde séquence de questions (f à i) porte plus directement sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. En lui demandant toujours d'illustrer sa réponse à l'aide d'exemples, on interroge d'abord l'enseignante sur la place que devrait occuper et/ou le rôle que devrait jouer l'intuition. Puis, afin de faire davantage préciser cette réponse, on lui demande si elle considère que cette place à accorder à l'intuition change avec les niveaux du primaire: car on peut, par exemple, imaginer qu'une enseignante pense que l'intuition soit la forme "naturelle" de connaissance chez les petits du premier cycle mais que son importance décroisse par la suite, alors que le programme devient plus contraignant. Sa réponse à cette dernière question et les exemples éventuellement fournis devraient donc permettre de mieux juger des convictions profondes de l'enseignante quant à l'importance du rôle de l'intuition dans l'apprentissage des notions mathématiques.

3.3.2 Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés

Compréhension et habiletés: voilà encore deux termes/thèmes sur lesquels les perspectives behavioristes et constructivistes risquent fort de diverger. Nous l'avons vu dans le chapitre du cadre théorique, la connaissance demeure, aux yeux des behavioristes, un phénomène mystérieux dont on ne peut juger qu'au niveau du comportement des individus. De là l'accent mis sur les réponses à divers stimuli, réponses qui témoignent de la qualité de l'apprentissage effectué et, au plan mathématique, l'attention accordée au développement des habiletés, outils rapides et efficaces de production de réponses satisfaisantes. Quant à la compréhension, elle cède le pas aux savoir-faire, à la performance. Pour les constructivistes, au contraire, l'importance de la compréhension prime nettement, qu'ils ou qu'elles considèrent que les habiletés soient un élément participant à la croissance de cette compréhension ou voient plutôt le développement des habiletés comme le résultat d'une compréhension bien élaborée.

Cette partie de l'entrevue est partagée en quatre séquences portant respectivement sur

- l'importance de la compréhension,
- la définition/description de la compréhension,
- la définition/description des habiletés,
- les rapports entre habiletés et compréhension.

Cette organisation est quelque peu différente de celle de la partie précédente sur l'intuition: ce changement, comme ceux qui apparaîtront dans les parties subséquentes, est voulu dans le but d'éviter une monotonie lassante pour la personne interrogée, surtout que l'entrevue garde malgré tout un caractère plutôt répétitif, chaque thème amenant ses questions de définitions/descriptions, d'autres interrogations sur l'importance accordée aux éléments décrits, sans compter les sempiternelles demandes d'exemples.

Cette partie de l'entrevue s'ouvre donc sur l'importance attribuée à la compréhension: choix justifié par le souci déjà mentionné d'éviter une trop grande monotonie mais aussi parce que la compréhension est une question souvent abordée en éducation, notamment dans les programmes que nous évoquons. Aussi, pour que les enseignantes ne se sentent pas "examinées" au sens scolaire du terme, comme si nous avions voulu vérifier si elles avaient bien retenu les définitions de ces programmes, nous avons repoussé, dans une seconde partie notre demande de définition, préférant les interroger d'abord sur l'importance que personnellement, elles accordent à cette compréhension:

Tableau 13

Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés

Première séquence: importance de la compréhension

Dans le programme de mathématiques du primaire, il est question de compréhension.

a) D'après vous, est-ce que la compréhension est importante en mathématiques?

OUI: question b.
NON: question c.

b) Pourquoi est-elle importante à vos yeux?

Question e (tableau 14)

c) Qu'est-ce que vous jugez important alors?

d) Pouvez-vous me donner des exemples?

Dans la deuxième séquence, l'enseignante est priée de décrire tout ce qu'elle entend par "comprendre" et d'illustrer, encore une fois, ses réponses à l'aide d'exemples. Il faut remarquer que la formulation de la première question de cette séquence devrait amener l'enseignante à répondre de façon très personnelle puisqu'elle centre celle-ci sur sa pratique auprès des enfants.

Tableau 14

Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés

Deuxième séquence: définition/description de la compréhension

---

e) Qu'est-ce que ça signifie pour vous quand on dit qu'un enfant a compris en mathématiques?

f) Pouvez-vous me donner des exemples?

g) Est-ce qu'il y a d'autres sens donnés au mot comprendre?

h) Pouvez-vous me donner des exemples?

La troisième séquence porte sur la définition des habiletés: on évoque de nouveau le programme de mathématiques pour ensuite demander à l'enseignante de décrire, exemple(s) à l'appui, ce qu'elle-même entend par habiletés. Advenant le cas où une enseignante ignore le sens donné à ce mot dans le programme, on a prévu une intervention où ce sens est précisé par le terme "savoir-faire" et un exemple touchant la conduite automobile. Une dernière question vise à faire évaluer par l'enseignante l'importance qu'elle accorde aux habiletés. Les principales questions sur la compréhension sont donc toutes reprises ici, quoique dans un ordre différent, pour les habiletés.

Tableau 15

Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés
Troisième séquence: définition/description des habiletés

Dans le programme, il est aussi question d'habiletés.

i) Qu'est-ce que cela signifie pour vous?

j) Pouvez-vous me donner des exemples?

Si la personne interrogée ignore le sens donné au mot habileté dans le programme, préciser ce sens par "savoir-faire" avec un exemple.

k) Est-ce que, pour vous, les habiletés c'est important en mathématiques?

Une dernière séquence vise à clarifier les rapports qui existent dans l'esprit de l'enseignante entre habiletés et compréhension.

Tableau 16

Deuxième partie de l'entrevue: compréhension et habiletés
Quatrième séquence: rapports entre habiletés et compréhension

---

l) Faites-vous une distinction entre habileté et compréhension?

NON: fin de la deuxième partie.
OUI: question m.

m) Quelle est cette distinction à vos yeux?

n) Jugez-vous habileté et compréhension d'importance égale ou si l'une en a plus que l'autre?

o) Pourquoi jugez-vous ainsi?

Il faut remarquer que les réponses à cette partie de l'entrevue, à la dernière séquence notamment, pourront être facilement comparées à celles obtenues à l'aide des deux premiers instruments, le test de correction et le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires: ainsi, et ce n'est qu'un exemple de rapprochement possible, l'enseignante qui met l'accent sur la réponse plutôt que sur le raisonnement dans le test, s'attachera vraisemblablement plus à l'acquisition d'habiletés qu'à la compréhension, pouvant même aller jusqu'à confondre la seconde avec les premières alors que sa perception des mathématiques se révélera sans doute très traditionnelle, assimilant les mathématiques aux savoir-faire.

3.3.3 Troisième partie de l'entrevue: découverte et définitions

Enseignement par la découverte ou enseignement s'appuyant sur des définitions: plus que simplement deux approches différentes, ce sont, encore une fois, deux philosophies opposées qui se retrouvent derrière ces appellations. La première laisse à l'enfant un rôle plus actif dans une perspective constructiviste alors que la seconde, plus magistrale et formelle, repose davantage sur l'image behavioriste de la connaissance qui se transmet.

La première séquence de questions porte sur l'enseignement par la découverte: comme cette approche est souvent discutée, et que l'on fait notamment état de ces discussions dans le dernier programme de mathématiques, on signale ici, dès le départ, que nombre de gens défendent une telle approche pour ensuite demander à l'enseignante ce qu'elle en pense personnellement, la priant encore une fois d'illustrer ses dires à l'aide d'exemples. Cette façon d'aborder ce thème pouvant avoir un peu biaisé sa réponse, on rétablit ensuite l'équilibre en lui proposant l'objection la plus courante à une telle approche par la découverte: le temps que souvent elle exige (question c). On conclut en lui demandant si l'utilisation de la découverte peut s'avérer plus importante à certains niveaux du primaire, la priant derechef d'expliciter sa réponse par des exemples: une enseignante peu convaincue, mais sensible au fait que cette

approche est souvent bien vue, pourra alors la juger intéressante... surtout pour les niveaux auxquels elle n'enseigne pas...

Tableau 17

Troisième partie de l'entrevue: découverte et définitions
Première séquence: enseignement par la découverte

---

a) Plusieurs personnes pensent qu'il faut donner à l'enfant l'occasion de découvrir certaines notions mathématiques. Qu'en pensez-vous?

b) Pouvez-vous me donner des exemples?

c) Pensez-vous que ça en vaut la peine ou cela prend-il trop de temps?

d) Pensez-vous que l'importance de laisser découvrir varie avec les niveaux du primaire?

e) Pouvez-vous me donner des exemples?

La seconde séquence, traitant cette fois de l'enseignement s'appuyant sur des définitions, suit à peu près le même schéma. On commence par s'enquérir de la possibilité d'utiliser une telle approche avec certaines notions mathématiques, interrogeant aussi l'enseignante sur l'existence de notions avec lesquelles le recours à cette façon de faire serait inutile ou inefficace pour conclure, comme précédemment, sur d'éventuelles variations dans l'importance à accorder aux définitions.

Tableau 18

Troisième partie de l'entrevue: découverte et définitions
Deuxième séquence: enseignement par définitions

---

f) D'après vous, y a-t-il des notions mathématiques qu'on pourrait enseigner (directement) par des définitions?

g) Pouvez-vous me donner des exemples?

h) D'après vous, y a-t-il des notions mathématiques qu'on ne pourrait pas enseigner (directement) par des définitions?

i) Pouvez-vous me donner des exemples?

j) Pensez-vous que l'importance du rôle des définitions varie suivant les niveaux du primaire?

Au plan de l'analyse, il ne faudrait pas ici s'attendre à des réactions très catégoriques permettant de classer définitivement chacune des enseignantes: tout est question de nuance car même un maître de tendances plutôt constructivistes peut parfois se sentir bousculé par les exigences du programme au point de se résoudre à simplement transmettre rapidement certaines portions de matières; il est, d'autre part, certains contenus plus complexes, les fractions et nombres décimaux par exemple, qui ne sont pas faciles à faire découvrir... À l'opposé, un maître peut ne guère croire à la découverte comme façon d'apprendre mais laisser malgré tout les enfants explorer à leur guise à certains moments en raison de l'intérêt que cela suscite chez eux et de la motivation qui en découle. C'est à des éléments comme ceux-là qu'il faudra être particulièrement attentif au moment de juger les réponses de nos sujets.

3.3.4 Quatrième partie de l'entrevue: l'erreur

L'erreur constitue un autre point de divergence marquée entre les perspectives behavioriste et constructiviste. Il n'est qu'à rappeler ce qui a été dit là-dessus au chapitre II:

- pour les behavioristes, l'erreur est essentiellement une anomalie à faire disparaître, la manifestation d'une mauvaise réponse au sens le plus général du terme, d'une réaction inadéquate à corriger par des exercices ou des renforcements jusqu'à son remplacement par une réponse plus satisfaisante produisant des résultats exacts;

- les constructivistes, en revanche, considèrent l'erreur comme une étape, non pas nécessaire ou obligatoire, mais non plus anormale dans la démarche d'un sujet qui s'approprie la connaissance. Cette erreur n'est en général plus gratuite à leurs yeux, comme le serait le résultat d'une simple distraction par exemple, mais apparaît plutôt comme le produit logique et cohérent des schèmes de l'individu: aussi, au lieu de la négliger, de simplement vouloir la corriger sans y prêter davantage d'attention, les constructivistes considéreront cette erreur comme une source éventuelle de renseignements sur les processus de pensée de la personne qui apprend et donc comme une occasion potentielle de progrès dans ses apprentissages.

De là deux positions extrêmes qui peuvent aider à caractériser la réaction d'un maître face à une erreur commise par un élève: il peut n'y voir qu'une mauvaise réponse à corriger ou, à l'opposé, la considérer comme un élément positif de l'apprentissage.

Si les réactions véritables des maîtres ne sont pas aussi nettement tranchées, il n'en reste pas moins que les enseignants et enseignantes dont les tendances sont plutôt behavioristes auraient, en

général, une réaction se rattachant davantage à la première position alors que d'autres plus constructivistes, réagiront plutôt dans l'autre sens, tout en reconnaissant une certaine importance à arriver à des réponses numériques justes: d'où les cinq premières questions (a à e, tableau 19) dont on peut facilement saisir les intentions à partir de ce qui précède. Seule la question e appelle une remarque: comme il s'agit d'une question pouvant modifier l'opinion des enseignantes, nous ne l'avons pas utilisée lors de la première entrevue, n'y ayant recours que dans un seul cas lors de la seconde entrevue, seconde entrevue qui suivait la période expérimentale.

Les trois questions supplémentaires (f, g et h) s'écartent un peu des précédentes et parlent plus directement d'une erreur au niveau du raisonnement, erreur qui ne se manifesterait pas au plan d'une réponse numérique. C'est, encore là, une façon de distinguer les tendances des maîtres puisqu'en général, les behavioristes présument d'un bon raisonnement et, plus globalement, d'un apprentissage bien fait dès qu'ils peuvent s'appuyer sur l'exactitude de la solution alors que les constructivistes se montreront plus circonspects. Ces questions permettront aussi de voir comment les maîtres considèrent l'évaluation de leurs élèves et devraient permettre des recoupements révélateurs avec leurs réactions au test de correction, sur l'attention portée au raisonnement et à la réponse respectivement.

Ce ne sont d'ailleurs pas les seuls recoupements possibles et attendus ici; on pourra, par exemple, rapprocher ce que répondront les enseignantes à ces questions sur l'erreur, de leur choix dans le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires, une attention démesurée accordée à la seule exactitude des réponses se rattachant plutôt à une perception des mathématiques comme savoir-faire alors que de considérer l'erreur comme partie "normale" d'un cheminement en mathématiques devrait corroborer une perception plus constructiviste de cette discipline. Ces quelques remarques laissent entrevoir ce que nous entendons en parlant de recherche de convergences dans les indications issues de nos divers instruments d'évaluation.

Tableau 19

Quatrième partie de l'entrevue: l'erreur
Rôle et place de l'erreur

---

a) Quelle importance accordez-vous aux erreurs que font vos élèves?

b) Pouvez-vous m'expliquer pourquoi?

c) Pensez-vous que certaines erreurs peuvent nous renseigner sur le raisonnement de l'enfant?

OUI: question d puis f.
NON: question e.

d) Pouvez-vous me donner des exemples?

e) Voici une copie d'élève: pensez-vous qu'elle nous renseigne sur le raisonnement de l'enfant?

Grade 1st. Marmilla

21	36	35	28
-18	-15	-17	-16
14	21	22	12

f) Pensez-vous qu'un mauvais raisonnement puisse conduire l'enfant à une bonne réponse?

NON: fin de l'entrevue.
OUI: questions g et h.

g) Pouvez-vous me donner des exemples?

h) Existe-t-il à votre avis des moyens de détecter les mauvais raisonnements lorsque l'élève donne la bonne réponse?

Plan d'analyse

Avant de présenter, dans les prochains chapitres, les résultats et analyses de l'expérimentation, une brève esquisse de la façon dont ces analyses ont été menées s'impose, qui vient clore le présent chapitre.

1. Plan d'analyse des réponses au test de correction

Grosso modo, l'analyse des réponses à ce test se ramène à une comparaison des corrections effectuées par les enseignantes avant le cours (pré-test) et après le cours (post-test), qu'il s'agisse du cours expérimental ou du cours suivi par les gens du groupe témoin. Pour chacun des problèmes, nous regarderons, dans un premier temps, les notes accordées au pré-test pour ensuite voir si ces notes ont été changées au post-test. Nous pourrons alors juger d'une éventuelle évolution des sujets expérimentaux en rapprochant les changements observés chez eux de ceux relevés chez les sujets témoins.

D'une manière générale, on attend peu de changements du pré au post-test dans les corrections effectuées par les membres du groupe témoin. Davantage de modifications devraient apparaître dans les corrections effectuées par les enseignantes du groupe expérimental quoique l'attente de tels changements et la "direction" prévue de ces changements varient suivant les types de problèmes considérés:

- les solutions parfaites (type 1), où une bonne réponse émerge d'un raisonnement impeccable, devraient normalement être évaluées de la même manière au pré et au post-test, les enseignantes attribuant à chaque fois le maximum de points;

- s'il y a une décentration de la réponse et une attention plus grande accordée au raisonnement comme le veut l'hypothèse, on devrait observer une diminution des points attribués lorsqu'une bonne réponse apparaît à la suite d'un raisonnement faux ou incomplet (type 3) ou encore lorsque cette

bonne réponse est fournie sans que l'élève n'explique comment il ou elle y est arrivée (type 2);

- par contre, on devrait voir les notes s'accroître dans les cas où l'enfant présente un bon raisonnement mais débouche sur une mauvaise réponse à cause d'une erreur de calcul ou d'une faute de transcription (type 4).

Pour les fins de l'analyse, les copies d'élèves présentant des caractéristiques semblables seront regroupées: ainsi nous regarderons ensemble les corrections des travaux de Manuelle et Nicole qui, en géométrie et en arithmétique respectivement, ont présenté des copies parfaites ou celles des solutions d'Isabelle et de Jean où l'on retrouve des réponses exactes malgré des raisonnements défectueux. Ces rapprochements devraient permettre des recoupements dans les inférences que nous pourrons tirer de l'étude des corrections effectuées par nos sujets, témoins ou expérimentaux.

Cependant, et c'est là un élément fondamental de l'"esprit" dans lequel ces analyses sont conduites, ce seront toujours les justifications ou explications fournies par les enseignantes qui nous permettront de valider les inférences faites à partir des notes attribuées et de départager les cas douteux, que ces notes varient ou non comme prévu. Car il ne faut jamais oublier que des changements peuvent intervenir (ou ne pas apparaître) sous l'influence d'éléments complètement étrangers à nos préoccupations de recherche:

- une enseignante peut, par exemple, accorder le bénéfice du doute à un ou une élève qui n'a fourni qu'une réponse sans plus d'explication;

- l'exactitude de la réponse conserve toujours une certaine importance malgré celle qui est attribuée à la qualité du raisonnement, surtout lors d'"examen". Or, on a, dans ce test, prié les enseignantes de "corriger comme s'il s'agissait de copies d'examens..."

D'autres éléments imprévus peuvent aussi intervenir que les explications des maîtres permettront éventuellement de mettre en lumière: d'où l'extrême attention que nous leur accorderons.

Il ne faudrait pas non plus attendre des changements trop radicaux dans les évaluations faites par les enseignantes. Ces personnes ne sont pas, au départ, des insensées ne regardant que la réponse, insensées ensuite transformées en sages par un cours-miracle qui les auraient poussées à ne plus regarder que le raisonnement: une évolution des perceptions de ces enseignantes devrait se traduire par une attitude différente mais cela ne signifie pas que cette attitude modifiée sera diamétralement opposée à celle adoptée au départ. Ainsi, les éléments extérieurs à nos préoccupations mentionnées plus haut pourraient tempérer quelque peu les changements attendus au niveau des notes attribuées aux enfants.

Ces dernières réflexions permettent d'expliquer pourquoi - en sus des raisons plus philosophiques déjà exposées sur ce type de recherche - nous n'allons pas procéder à des analyses statistiques complexes s'appuyant par exemple sur les moyennes des notes attribuées: pour avoir des changements statistiquement significatifs, compte tenu du nombre de sujets impliqués dans la recherche, il faudrait ici observer des variations de la moyenne se situant quelque part entre 9/10 et 10/10... Un tel bouleversement, s'il se produisait, serait peut-être satisfaisant pour une personne préoccupée de chiffres mais son caractère trop spectaculaire le rendrait suspect sinon contestable. Les changements de perceptions sont, en général, plus discrets et demandent des jugements nuancés que ne permet guère le recours à de tels outils mathématiques.

C'est pourquoi nous allons nous limiter à étudier, pour chacun des problèmes,

- combien d'enseignantes ont modifié, au post-test, la note qu'elles ont attribué au pré-test;

- dans quelle(s) direction(s) ces changements sont intervenus,

- et pourquoi ils sont intervenus.

Ceci nous fournira une première explication d'une éventuelle évolution des sujets expérimentaux par rapport aux sujets témoins, évolution touchant la première partie de notre hypothèse de travail. Plus loin, nous pourrons considérer cette indication à la lumière des renseignements obtenus à l'aide des autres outils d'évaluation.

2. Plan d'analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires

La première tâche dans l'analyse des réponses à ce questionnaire en sera une de vérification: après avoir relevé les classements des groupes d'énoncés d'abord effectués par les enseignantes et noté le nombre de points ensuite attribués à chacun de ces groupes, il nous faudra vérifier la cohérence de cette pondération avec la hiérarchisation d'abord établie, ce pour le pré-test comme pour les deux post-tests. Nous en profiterons également pour voir s'il y a beaucoup de différences entre les réponses apportées à chacun de ces post-tests, celui portant sur les mathématiques étudiées par les enseignantes, et l'autre visant plutôt les mathématiques qu'elles enseignent.

Puis viendra l'étape des comparaisons entre sujets expérimentaux et sujets témoins. Nous regarderons d'abord comment les deux groupes ont réagi au pré-test qui portait uniquement, rappelons-le, sur les mathématiques étudiées: nous verrons s'il y a ici des différences entre ces groupes et quelle est la nature de ces différences éventuelles. Puis, considérant les deux post-tests, nous chercherons à mettre en lumière la présence ou l'absence de changements dans les réponses: c'est cependant le premier des post-tests qui retiendra avant tout notre attention puisque c'est le seul où les questions posées correspondent exactement à celles utilisées lors du pré-test.

Comme dans le test de correction, nous n'attendons ici que peu de modifications entre les réponses données au pré-test et celles fournies au post-test par les sujets témoins. Par contre, suivant nos hypothèses, on devrait observer une évolution plus marquée chez nos sujets expérimentaux, évolution qui les pousserait à accorder plus d'importance aux mathématiques comme démarche de construction (perception constructiviste) après le cours expérimental qu'avant.

Cette évolution espérée chez les enseignantes du groupe expérimental ne sera cependant pas plus spectaculaire que celle attendue dans le test précédent. Il est même plausible que les changements soient ici moins nets car la tâche demandée aux maîtres leur est certes moins familière que la correction des copies, sans compter qu'il demeure toujours difficile de préciser sa conception d'une discipline comme les mathématiques: ce n'est pas une question qui nous est posée quotidiennement! Et, encore une fois, les personnes interrogées ne vont pas changer leur opinion du tout au tout, passer d'une perception plus traditionnelle ou complètement formaliste à une vision exclusivement constructiviste: surtout que, dans chacun des groupes d'énoncés caractérisant ces perceptions, il y a des éléments valables par-dessus lesquels un maître ne saurait passer sans leur accorder un minimum d'attention et d'importance. Le développement des processus de pensée est certes fondamental mais il est aussi bien utile de savoir appliquer des règles et faire des calculs et souvent nécessaire d'être précis et rigoureux...

Au plan plus technique, nous ne pourrons ici nous contenter de dénombrer le nombre de changements observés: car la situation est plus complexe que dans le test précédent où une note accordée à un élève passait simplement d'une valeur à une autre. Ici, il y a plusieurs classifications possibles au départ, chacune précisée par une pondération et autant de classifications possibles à l'arrivée: aussi, devrons-nous nous résoudre à effectuer certains calculs de moyennes des points accordés à chaque perception de manière à voir comment ces perceptions ont évolué de façon globale dans chacun des deux groupes. Il faut toutefois noter que nous n'attendons pas de résultats "statistiquement significatifs" de ces calculs,

de tels résultats ne pouvant encore ici émerger que de changements trop brusques pour être crédibles: tout au plus cherchons-nous des indications d'une ou plusieurs tendances. Ces indications auront en elles-mêmes une valeur limitée mais prendront éventuellement davantage de relief lorsque placées dans le tableau regroupant l'ensemble des indications obtenues à l'aide de nos divers outils d'évaluation.

3. Étude des cas des enseignantes soumises aux entrevues

Cette troisième partie des analyses est de loin la plus importante, autant par le temps qu'elle a requis que par la valeur des renseignements que l'on peut espérer en tirer. Elle porte avant tout sur les réponses apportées verbalement par six sujets du groupe témoin et six autres du groupe expérimental aux questions de l'entrevue; mais elle déborde cette entrevue puisque l'on y reprend, pour une analyse plus individuelle et détaillée, les réponses et réactions écrites de ces sujets au test et au questionnaire, ceci dans le but de brosser un portrait aussi global et complet que possible des perceptions et convictions de ces sujets.

3.1 Pourquoi des études de cas?

Pourquoi revenir ainsi sur des réponses précédemment analysées? Simplement parce que les analyses déjà faites sont essentiellement des analyses de groupes, permettant de cerner les grandes tendances qui se dessinent au sein de ces groupes. Ici, par contre, nous allons travailler au niveau d'un certain nombre d'individus afin de mettre en relation leurs réponses au test et au questionnaire avec leurs réflexions de l'entrevue. De telles analyses individuelles des réponses au test et au questionnaire n'auraient guère d'utilité si nous les menions pour chacun des sujets ayant participé, dans un groupe ou dans l'autre, à notre expérience, car pour la plupart, nous n'avons rien pour les corroborer. Par contre, avec les douze sujets retenus, la situation diffère puisque les entrevues auxquelles ils se sont prêtés, nous aideront à mieux comprendre leurs réactions: ainsi que nous l'avons mentionné précédemment, ces réactions

seront confirmées et/ou explicitées par leurs opinions exprimées verbalement. C'est dans cette étude où, pour chacun des douze cas, nous avons recours à l'ensemble des outils que la recherche de convergence des indications prendra tout son sens, puisque les inférences basées sur chacune des sources de renseignements seront comparées entre elles et pourront éventuellement se valider mutuellement. Les conclusions que nous en tirerons pourront aussi confirmer - à moins qu'elles ne les infirment, ce qui demeure malgré tout possible - les grandes tendances mises à jour dans les analyses plus globales du test et du questionnaire.

Notons au passage que le caractère plausible des convergences recherchées est bien réel et non la manifestation d'un simple espoir ou d'une confiance démesurée dans les effets heureux du hasard. Car nos outils, même s'ils touchent chacun une partie différente de l'hypothèse, n'en visent pas moins, chacun de leur côté et chacun à leur façon, une même hypothèse générale. Cette hypothèse générale a été scindée en trois composantes dans le but d'en faciliter la mise à l'épreuve mais les trois "sous-hypothèses" ainsi obtenues, si elles touchent chacune un aspect plus particulier du problème, témoignent néanmoins d'une seule et même préoccupation et demeurent fort cohérentes entre elles: l'attention portée par le maître aux réponses et aux raisonnements des enfants n'est certes pas étrangère à sa perception des mathématiques et à sa conception de l'enseignement/apprentissage des mathématiques, perception et conception qui ont aussi bien des chances d'être liées entre elles, comme nous l'avons déjà mentionné en conclusion du chapitre du cadre théorique notamment.

3.2 Méthode utilisée pour les études de cas

On notera au chapitre VI, où elles sont d'ailleurs expliquées en détail, de petites différences dans la façon de rapporter les conclusions des analyses suivant que nous nous intéressons à une personne du groupe témoin ou une autre du groupe expérimental. Mais dans l'ensemble, la façon de conduire ces analyses est la même pour chacun des cas considérés.

Dans un premier temps, il y a rappel des notes attribuées et des remarques apportées par l'enseignante lors de chacune des deux corrections des problèmes du test, le tout accompagné d'une brève analyse et d'une conclusion sur les tendances et/ou l'évolution que nous y décelons. Nous considérons ensuite ses réponses au questionnaire et concluons sur les perceptions manifestées et les éventuels changements relevés, du pré au post-test, au niveau de ces perceptions des mathématiques scolaires.

Puis vient l'analyse des réponses à l'entrevue proprement dite. Avant d'en décrire les modalités, spécifions le vocabulaire retenu: une entrevue n'étant pas à proprement parler un test, nous ne pouvons guère utiliser ici, comme dans les cas précédents, les termes pré et post-test. Aussi nous sommes-nous arrêtés aux expressions pré-entrevue et post-entrevue pour désigner respectivement l'entrevue menée avec chaque sujet avant puis après le cours expérimental ou encore avant et après le cours donné aux membres du groupe témoin. Quant à l'analyse, pour chaque thème et, en pratique, pour chaque séquence de questions à l'intérieur d'un thème donné, nous résumons les réponses en utilisant au maximum les expressions mêmes de l'enseignante et les scrutons en détail, nous arrêtant d'abord à celles fournies lors de la pré-entrevue, puis à celles apportées à la post-entrevue, pour enfin conclure à une évolution ou à l'absence d'évolution de la pensée du sujet. Les définitions des mots-clefs, accompagnées des exemples requis pour les préciser jouant un rôle important dans les questions posées, elles font l'objet d'une attention toute particulière dans ces analyses: car définitions et exemples permettent non seulement de savoir ce que l'enseignante entend en utilisant tel ou tel terme, mais aussi de percevoir d'éventuels changements dans le sens ainsi attribué aux mots et dans les perceptions que ces mots expriment. Ces changements ou "non-changements" des perceptions peuvent également être rendus manifestes lorsque l'enseignante se prononce, exemples à l'appui, sur l'importance des divers éléments sur lesquels elle est interrogée ou lorsqu'elle répond à certaines questions particulières autour de l'un ou l'autre thème. Quant à notre façon de juger des perceptions à partir des réponses fournies, nous nous référons à ce qui a été dit dans la présentation des différentes parties de l'entrevue, aux

sections 3.3.1 à 3.3.4 du présent chapitre. Chaque étude de cas se termine par une conclusion "locale" sur les diverses perceptions et conceptions de l'enseignante, conclusion qui est le lieu de mise en relation des différentes indications obtenues de nos sources.

Une fois l'analyse terminée, elle est confrontée à celles de deux experts: ceux-ci repartent directement des retranscriptions des entrevues comme si aucune étude n'en avait encore été menée, en font une analyse personnelle et tirent leurs propres conclusions sans regarder ce que nous avons pu dire. Leurs opinions respectives et les nôtres sont alors comparées: si elles concordent, les conclusions se voient alors entérinées. Sinon, il y a discussion jusqu'à l'obtention d'un véritable consensus, faute de quoi on se refuse à trancher, préférant admettre notre incertitude plutôt que de risquer un jugement trop aléatoire sur la pensée du sujet considéré. On pourrait encore ici décrire notre approche comme étant une recherche de convergence: non plus convergence d'indications cette fois mais plutôt convergence d'opinions de juges travaillant indépendamment les uns des autres. Le but de tout ceci n'est pas de retenir le poids du nombre comme preuve supplémentaire de ce qui est avancé mais bien d'accroître la qualité des arguments à partir d'interactions sinon de confrontations entre personnes en mesure de se prononcer sur les questions étudiées. Une fois complétée cette évaluation par des juges, le texte des analyses et des conclusions est repris et, au besoin, corrigé.

L'ensemble des douze études de cas nous ayant amené à remplir une quantité impressionnante de pages, nous prenons la liberté de ne présenter, à titre d'exemple, qu'une seule de ces études dans le chapitre VI du présent ouvrage. Nous compléterons ensuite ce chapitre par la conclusion générale du chapitre original de la thèse où l'on cherche à dégager les caractéristiques principales des tendances de nos sujets et les changements relevés dans ces tendances, de manière à pouvoir juger de l'influence éventuelle du cours expérimental sur les perceptions et conceptions des enseignantes l'ayant suivi.

CHAPITRE V

ANALYSE DES RÉPONSES AU TEST DE CORRECTION ET AU QUESTIONNAIRE SUR LA PERCEPTION DES MATHÉMATIQUES SCOLAIRES

Analyse des réponses au test de correction

On s'en souviendra, le test de correction vise à déterminer l'importance relative que les enseignantes accordent aux raisonnements et aux réponses présentés par leurs élèves, ce dans le but de détecter un éventuel déplacement de leur attention de la réponse vers le raisonnement. Ce test est composé de deux problèmes élémentaires, l'un en géométrie (quelle serait l'aire d'un jardin rectangulaire dont les côtés mesurent respectivement 3 m et 6 m?) et l'autre en arithmétique (Pierre a quatre douzaines d'oeufs. Jacques n'en a que deux douzaines. Combien Pierre a-t-il d'oeufs de plus que Jacques?). Chaque problème a été remis aux enseignantes, accompagné de quatre copies d'élèves fictifs, copies où l'on retrouve respectivement

- une bonne réponse avec solution complète (type 1),
- une bonne réponse mais sans solution ou raisonnement (type 2),
- une bonne réponse émergeant d'un raisonnement erroné (type 3),
- une mauvaise réponse accompagnée d'un bon raisonnement (type 4).

Nous avons demandé aux enseignantes de corriger ces copies sur dix points comme elles le feraient de copies véritables de leurs élèves puis d'expliquer les notes attribuées. Suivant nos prévisions, l'enseignante qui accorde plus d'importance à la réponse qu'au raisonnement devrait donner une note élevée lorsque la réponse est bonne, ce, même si le raisonnement dont cette réponse est issue n'est pas présentée (type 2) ou se révèle faux (type 3) mais n'attribuer qu'une note faible lorsque cette réponse s'avère inexacte même si le raisonnement présenté par l'élève est correct (type 4). Par contre, une enseignante pour qui l'importance du raisonnement domine celle de la réponse devrait avoir des réactions à l'opposé de celles que nous venons de décrire.

Dans les pages qui suivent, nous examinons les corrections fournies par nos enseignantes en nous conformant à ce qui a été annoncé au chapitre IV: mettant l'accent sur les changements de notes intervenus entre le pré et le post-test et nous appuyant sur les justifications qui les accompagnent, nous comparons l'évolution respective des groupes expérimental et témoin afin d'y lire une éventuelle confirmation ou infirmation de notre hypothèse. Cependant, ces analyses s'étant révélées longues et fastidieuses, nous ne présentons ici de façon détaillée que l'analyse de la correction des copies de type 1 afin de bien mettre en évidence la manière dont nous avons procédé. Pour les autres types de copies, nous nous contenterons de fournir un tableau des notes attribuées et les conclusions de l'analyse fondée sur ces notes et sur les justifications apportées par les enseignantes.

1. Les copies de Manuelle et de Nicole: bon raisonnement et bonne réponse (type 1)

Les copies de Manuelle et de Nicole sont, en géométrie et en arithmétique respectivement, des copies parfaites où de bonnes réponses émergent de raisonnements justes et clairement exprimés comme l'on peut s'en convaincre en considérant les reproductions présentées aux tableaux 5 et 6 respectivement. Pourquoi de telles copies parfaites qui, à prime abord, ne peuvent guère permettre de juger ce sur quoi l'enseignante met l'accent puisque les deux types d'enseignantes, celles qui insistent d'abord sur la réponse comme celles qui privilégient le raisonnement, y trouveront leur content et devraient mettre le maximum, autant au post-test qu'au pré-test? L'objectif visé en présentant ces copies était moins de voir une évolution dans la correction que de nous donner un double point de repère:

- d'abord pour nous confirmer que les enseignantes avaient bien compris les problèmes et pouvaient reconnaître la justesse des raisonnements et l'exactitude des réponses;

- et ensuite pour nous assurer de la stabilité de nos groupes, les notes ne devant guère varier entre le pré et le post-test

sans que nous ayons à nous interroger sur la présence d'un rationnel derrière les corrections fournies.

On ne devrait donc pas observer de différence importante ici entre nos deux groupes, le groupe expérimental et le groupe témoin, puisque, au pré comme au post-test, les notes devraient idéalement être toutes de dix sur dix. Les notes effectivement attribuées par les enseignantes sont présentées au tableau 20. De plus, une présentation complète, aussi sous forme de tableaux, des réactions détaillées des enseignantes, autant des notes accordées que des justifications accompagnant ces notes, est disponible auprès de l'auteur. On notera que les sujets témoins sont ici désignés par la lettre T suivie d'un numéro alors que les sujets du groupe expérimental le sont par la lettre E, aussi suivie d'un numéro. Chacun des sujets conservera la même désignation alphanumérique tout au long des diverses analyses. Pour chacun des problèmes et chacun des sujets, on trouvera la note du pré-test immédiatement suivie de celle donnée au post-test.

1.1 Le groupe témoin

Le groupe témoin est, rappelons-le, composé de seize personnes:

- en géométrie, quinze de ces personnes accordent un dix sur dix à Manuelle au pré-test et font de même au post-test; seul le sujet T.04 se distingue, diminuant sa note de huit au pré-test à sept au post-test;
- en arithmétique, la réaction est analogue puisque les mêmes quinze enseignantes donnent, encore une fois au pré comme au post-test, un dix sur dix à Nicole: T.04 se distingue à nouveau, par un neuf sur dix, au pré-test mais se rallie aux autres pour attribuer un dix sur dix au post-test.

Tableau 20

Notes attribuées aux copies de type 1:
bon raisonnement, bonne réponse

	Groupe témoin			Groupe expérimental	
	Géom.:aire (Manuelle) Pré-post	Arith.:oeufs (Nicole) Pré-post		Géom.:aire (Manuelle) Pré-post	Arith.:oeufs (Nicole) Pré-post
T.01	10 - 10	10 - 10	E.01	10 - 8	10 - 10
T.02	10 - 10	10 - 10	E.02	10 - 10	10 - 10
T.03	10 - 10	10 - 10	E.03	9 - 10	10 - 10
T.04	8 - 7	9 - 10	E.04	10 - 10	10 - 10
T.05	10 - 10	10 - 10	E.05	10 - 10	10 - 10
T.06	10 - 10	10 - 10	E.06	10 - 10	10 - 10
T.07	10 - 10	10 - 10	E.07	10 - 10	10 - 10
T.08	10 - 10	10 - 10	E.08	10 - 10	10 - 10
T.09	10 - 10	10 - 10	E.09	9 - 10	10 - 10
T.10	10 - 10	10 - 10	E.10	8 - 10	10 - 10
T.11	10 - 10	10 - 10	E.11	10 - 9	10 - 10
T.12	10 - 10	10 - 10	E.12	10 - 10	10 - 10
T.13	10 - 10	10 - 10	E.13	5 - 10	10 - 10
T.14	10 - 10	10 - 10	E.14	8 - 8	10 - 10
T.15	10 - 10	10 - 10	E.15	10 - 10	10 - 10
T.16	10 - 10	10 - 10	E.16	10 - 10	10 - 10
			E.17	10 - 10	10 - 10
			E.18	10 - 10	10 - 10

Dans l'ensemble, les résultats sont donc ici conformes à nos attentes et prévisions:

- les copies semblent bien remplir leur rôle de points de repère, autant celle de Manuelle en géométrie que celle de Nicole en arithmétique. Les enseignantes sont quasi unanimes à reconnaître la justesse des raisonnements et des réponses, quasi unanimes également dans l'attribution de la note maximum, seule T.04 manifestant quelques réticences;

- nous obtenons de même une première indication de la stabilité de notre groupe dans la non-variation quasi totale des points accordés.

Seul le sujet T.04 demeure un point d'interrogation. Aussi avons-nous considéré les justifications apportées par cette personne à ses corrections afin de les mieux comprendre et juger: manifeste-t-elle vraiment de l'incompétence? Ou y a-t-il une autre explication à sa dissidence?

- Sur la copie de Manuelle, en géométrie, elle enlève deux points au pré-test parce qu'à ses yeux, il y a "erreur de placement de chiffres en ce qui concerne la figure", ces chiffres indiquant la longueur des côtés devant, selon elle, être placés à l'extérieur du rectangle. Au post-test, trois points sautent, toujours pour ce problème de position des chiffres, mais aussi, ajoute-t-elle, à cause d'un certain manque d'explications autour de la solution.

- Sur la feuille de Nicole, au pré-test, elle indique également qu'il manque une explication pour la dernière démarche (la soustraction) et elle enlève un point; au post-test, elle attribue par ailleurs un dix sur dix accompagné de la mention bien.

Nous appuyant sur ces justifications, nous concluons qu'il n'y a pas ici de problème de compétence comme telle. Nous avons plutôt affaire, semble-t-il, à une personne perfectionniste, plus exigeante que l'ensemble de ses collègues. Sa correction est plus sévère que celle des autres, plus sensible à des questions de détails, détails de présentation formelle notamment, mais elle reconnaît dans l'ensemble la rectitude des solutions et des réponses. Les légères variations de notes du pré au post-test, toutes deux d'un seul point, peuvent peut-être démontrer un certain manque de stabilité dans cette sévérité, manque de stabilité auquel nous demeurerons attentifs quoiqu'il ne nous semble pas suffisant pour écarter ici ce sujet de notre échantillon.

1.2 La groupe expérimental

Les membres du groupe expérimental, au nombre de dix-huit, ont réagi de façon légèrement différente: non pas au problème d'arithmétique où tous les sujets sans exception accordent dix sur dix à Nicole, ce autant au pré-test qu'au post-test, mais en géométrie où la situation s'avère plus complexe. En effet, si onze personnes sur dix-huit mettent un dix à Manuelle à la fois au pré et au post-test, sept autres corrigent de façon différente:

- deux d'entre elles, E.03 et E.09, font passer leur note de neuf à dix entre le pré et le post-test alors que E.10 l'augmente de deux points, de huit à dix;

- à l'opposé, E.01 et E.11, ayant toutes deux accordé un dix au pré-test, diminuent cette note par deux et un point respectivement au post-test;

- à ces cinq changements s'en ajoute un plus majeur, celui de E.13 dont la note passe de cinq à dix;

- seule enfin E.14 n'accorde le maximum ni au pré-test ni au post-test, sa note demeurant fixe à huit.

Ces résultats fournis par nos sujets expérimentaux demeurent cependant raisonnablement conformes à nos prévisions: en arithmétique notamment, où la copie de Nicole fait l'unanimité. Tous reconnaissent la perfection de son raisonnement et la justesse de sa réponse. Cette copie remplit donc parfaitement son rôle de point de repère et nous fournit du même coup un premier indice de la stabilité des membres du groupe expérimental.

Les résultats sont par contre moins nets du côté géométrie où les notes attribuées à Manuelle sont légèrement plus dispersées et varient davantage. Cette copie de Manuelle constitue malgré tout un bon point de repère car, d'après les justifications accompagnant l'attribution des points, dix-sept enseignantes sur dix-huit reconnaissent la justesse du raisonnement et la rectitude de la réponse au pré-test, E.13 étant la seule exception et dix-huit sur dix-huit en font autant au post-test. Si l'on excepte E.13 au pré-test, toutes celles qui n'ont pas attribué le maximum ont enlevé un ou deux points pour des questions de détails, expliquant que Manuelle n'avait pas écrit la formule A = B x H ou qu'elle avait noté la longueur des côtés à l'intérieur du rectangle plutôt qu'à l'extérieur.

La stabilité semble peut-être moins grande ici qu'en arithmétique mais demeure très acceptable: les deux tiers des gens (douze sur dix-huit) mettent exactement la même note au pré et au post-test. Cinq des six variations observées portent sur les détails mentionnés plus haut et qui n'ont été relevés qu'en une seule occasion, au pré-test lorsque la note est augmentée ou au post-test dans les cas de diminution.

1.3 Le cas E.13

Il vaut tout de même la peine de considérer davantage ces cas où la note varie pour mieux comprendre ce qui s'y est passé. Le cas E.13 est particulièrement remarquable par l'importance du changement que l'on y observe. Aussi avons-nous relevé les justifications accompagnant la correction effectuée par cette enseignante: avec la note de cinq sur dix attribuée à Manuelle au pré-test, on trouve la question "que

cherchait-elle? Périmètre ou aire?". Comme cette confusion entre périmètre et aire est exactement l'erreur de raisonnement commise par Isabelle qui arrive malgré tout, à l'instar de Manuelle, à une bonne réponse, nous avons regardé comment E.13 a réagi face à cette copie d'Isabelle: au pré-test, la même note, cinq sur dix, lui est attribuée alors que l'erreur commise est très clairement perçue comme le manifeste la remarque "Isabelle a trouvé le périmètre".

Il semble bien y avoir eu ici influence de la correction de la copie d'Isabelle sur celle de Manuelle puisque la question posée autour de la solution de cette dernière touche le problème identifié chez Isabelle. Une vérification de l'ordre dans lequel les copies à corriger ont été présentées à E.13 rend plausible cette hypothèse; en effet, au pré-test, l'ordre était: 1) Isabelle, 2) Manuelle, 3) André et 4) Marc. La feuille d'Isabelle précède donc immédiatement celle de Manuelle, ce qui peut encourager le phénomène de "débordement" alors qu'au post-test, le hasard a voulu que les copies données à E.13 soient dans l'ordre 1) André, 2) Manuelle, 3) Marc et 4) Isabelle. Cette fois, non seulement Manuelle précède-t-elle Isabelle mais en plus, les deux copies sont séparées par celle de Marc, d'où un effet de halo nettement diminué. Or, que constate-t-on dans la correction au post-test?

- L'erreur d'Isabelle est encore une fois très clairement identifiée et cette élève reçoit la même note qu'au pré-test, soit cinq sur dix. Ceci semble indiquer une certaine stabilité.

- Manuelle, par contre, reçoit le maximum avec, comme remarque, "bonne opération, bonne réponse".

E.13 est possiblement moins instable qu'on aurait pu le croire au départ: en arithmétique, sa correction de la copie de Nicole est parfaite alors qu'en géométrie, elle semble simplement avoir été, au pré-test, victime de l'ordre aléatoire des copies.

1.4 Les autres cas

Alertés par ce cas E.13, une question nous vient naturellement: est-il possible que la correction de la copie d'Isabelle ait influencé celle de la copie de Manuelle? Que la vue d'une feuille où un raisonnement faux mais ayant l'apparence du vrai et conduisant à une bonne réponse ait rendu les gens méfiants au point de les empêcher de reconnaître la rectitude du raisonnement de Manuelle? Effectivement, un premier relevé de l'ordre dans lequel le hasard a voulu que les enseignantes corrigent les copies d'Isabelle et de Manuelle a révélé que dans sept cas sur huit où, au pré ou au post-test, la note de Manuelle n'était pas maximale (10/10), la copie d'Isabelle précédait immédiatement celle de Manuelle.

Nous tenions là une hypothèse statistiquement plausible mais, fidèles à notre programme méthodologique, nous avons senti le besoin de l'étayer, de nous assurer de l'existence d'un lien de cause à effet entre l'ordre des copies et la réaction observée. Or, poursuivant notre étude, nous avons remarqué que

- dans sept cas au pré-test et aussi sept cas au post-test, toujours dans le groupe expérimental, la copie d'Isabelle avait aussi précédé celle de Manuelle sans que la note de celle-ci en soit affectée. Ce ne sont donc pas toutes les enseignantes qui se sont montrées sensibles à l'ordre des copies;

- dans le groupe témoin, une seule personne, T.04, n'accorde pas le maximum à Manuelle, ce, même si la copie d'Isabelle a précédé celle de Manuelle dans vingt des trente-deux corrections (pré et post-test mis ensemble);

- on aurait pu s'attendre à des résulats équivalents en arithmétique, dans les cas où la copie de type 3 de Jean précède celle de Nicole. Or, ce n'est pas le cas puisque toutes les notes sauf une (T.04 au pré-test) sont maximales.

On peut cependant arguer que la copie de Nicole est manifestement plus parfaite que celle de Manuelle de sorte que pratiquement rien ne pouvait ici influencer la réaction des enseignantes.

Rien dans tout cela ne confirme ni n'infirme notre hypothèse sur l'influence de l'ordre des copies. Deux arguments supplémentaires sont cependant venus lui porter un coup fatal, arguments démontrant du même coup la grande utilité des explications écrites exigées des enseignantes lors des passations du test. L'étude de ces commentaires révèle en effet que

- aucune des enseignantes, sauf bien sûr E.13, n'a évoqué d'erreur du type de celle d'Isabelle en corrigeant la copie de Manuelle. Au contraire, comme cela a été rapporté, dans le groupe expérimental, dix-sept des dix-huit enseignantes au pré-test et toutes les dix-huit au post-test reconnaissent explicitement la justesse de sa solution et celles qui n'ont pas mis la note maximale expliquent avoir enlevé des points pour des raisons de détails formels comme l'absence de la formule A = B x H ou la mauvaise position des chiffres dans la figure;

- approximativement la moitié des enseignantes qui corrigent la copie de Manuelle après celle d'Isabelle et enlèvent des points à Manuelle n'ont même pas, d'après leurs réflexions, relevé l'erreur d'Isabelle...

Force nous est donc faite d'abandonner une hypothèse d'explication pourtant séduisante: nous pouvons cependant nous réjouir d'avoir exigé quelques justifications des maîtres car, sans elles, nous aurions dû nous contenter de bâtir quelques conjectures à partir de chiffres dont l'éloquence, on le constate, demeure limitée.

1.5 Comparaison entre les groupes expérimental et témoin

Dans les notes attribuées par les sujets de nos deux groupes, il y a plusieurs ressemblances mais aussi des différences sur lesquelles il faut nous interroger. Ainsi,

- en géométrie, les gens du groupe expérimental donnent un plus grand nombre de notes inférieures à dix que ceux du groupe témoin, ce, autant au pré qu'au post-test: cinq personnes sur dix-huit contre une seule sur seize au pré-test et trois sur dix-huit contre, de nouveau, une seule sur seize au post-test;

- toujours en géométrie, c'est aussi dans le groupe expérimental que l'on retrouve le plus grand nombre de variations de notes entre le pré et le post-test, six, contre une seule dans le groupe témoin.

Ces différences ne nous semblent cependant pas importantes au point d'invalider les comparaisons que nous devrons établir dans la suite du travail. En effet,

- les différences observées sont quasi inexistantes pour le problème d'arithmétique où cette fois, c'est dans le groupe témoin que l'on retrouve la seule note inférieure à dix et aussi la seule variation de note entre le pré et le post-test;

- même en géométrie, il reste une majorité très nette de gens du groupe expérimental dont les notes ne se distinguent pas de celles des sujets du groupe témoin; quoique se manifeste malgré tout ce qui, à nos yeux constitue la seule vraie différence de fond entre nos deux groupes: la plus grande sévérité d'un certain nombre de nos sujets expérimentaux face à des questions de détails formels. Cette sévérité est rendue évidente dans les deux seules remarques qui

reviennent sans cesse pour expliquer les notes inférieures à dix, remarques portant sur la position des nombres dans la figure et sur l'absence de la formule A = B x H. C'est d'ailleurs le même type d'exigences dans l'expression de la solution que l'on retrouve chez T.04, l'"exception" du groupe témoin.

Il ne semble donc pas y avoir, entre nos groupes, de différences suffisantes pour qu'ils soient jugés incomparables. Les écarts dans les notes attribuées en géométrie sont avant tout le résultat de la perfection, somme toute relative, de la copie de Manuelle sur laquelle des gens plus critiques, voire pointilleux, ont déniché quelques manquements mineurs. Peu étonnant dans ces conditions que cette sévérité ne soit pas demeurée constante. La seule précaution à prendre à la suite de ces constatations sera de vérifier que les changements de notes que nous pourrons relever dans les corrections des autres copies constituant ce test ne s'expliquent pas simplement par une sévérité du même genre face à des questions de détails mais portent vraiment sur le fond de ce que l'on retrouve sur ces copies. Les justifications apportées aux corrections auront là un rôle important à jouer.

1.8 Points à retenir de l'analyse des copies de type 1

Pour résumer et conclure cette analyse de la première partie du test de correction, trois éléments doivent retenir notre attention:

- Les copies de Manuelle et de Nicole ont constitué d'excellents points de repère, nous donnant une première indication solide du sérieux et de la compétence des maîtres pour corriger les copies d'élèves qui leur étaient soumises: les notes attribuées ou, dans d'autres cas, les explications apportées à ces notes, nous permettent de conclure que les enseignantes ont très correctement reconnu la justesse des raisonnements présentés et la rectitude des réponses fournies.

- La stabilité des deux groupes nous semble également très satisfaisante dans cette partie du test. Celle du groupe témoin ne laisse aucun doute alors que le groupe expérimental se montre légèrement plus instable dans son approche qui paraît plus sévère face à des questions de détails; les justifications apportées aux corrections devraient nous permettre de retracer facilement ces changements qui, dans les corrections des autres copies, pourraient émerger de ce manque bénin de stabilité dans une forme particulière de sévérité, et de les distinguer d'autres changements plus réels pouvant manifester une évolution dans l'attitude face au contenu des copies.

- Si certaines différences apparaissent ici entre les deux groupes, ces différences ne semblent pas, compte tenu de ce qui a été dit plus haut, majeures au point de nous faire juger nos groupes incomparables.

Il ne nous semble finalement pas y avoir de personnes qu'il nous faille écarter de cette partie de l'étude car toutes ont très "bien" corrigé. Quelques-unes ont peut-être fait preuve d'une certaine forme d'instabilité mais celle-ci, nous l'avons dit, pourra facilement être contrôlée dans la suite à l'aide des justifications apportées aux corrections et que nous avons demandées aux enseignantes de fournir justement à cette fin.

2. Les copies d'André et de Sylvain: bonne réponse sans trace du raisonnement (type 2)

De toutes les copies proposées aux enseignantes, celle de Sylvain en arithmétique est la plus vide: on n'y retrouve qu'une réponse, 24 oeufs, sans davantage de précisions sur la façon dont cet élève a obtenu ce résultat. La feuille d'André n'est guère plus garnie puisque n'y apparaissent qu'une simple figure, la même que sur les autres copies en géométrie, et la réponse, 18 m^2. Aucune trace donc, sur ces feuilles, de la démarche utilisée par les enfants. Suivant nos attentes, une enseignante

qui s'attache avant tout à la réponse donnera une note plutôt bonne à chacun, à l'opposé de celle qui met davantage l'accent sur le raisonnement et qui se montrera alors plus sévère, à moins qu'elle n'accorde le bénéfice du doute. Une décentration de la réponse devrait donc normalement se traduire par une diminution, du pré au post-test, dans le nombre de points accordés.

Si notre hypothèse de travail se vérifie, des différences devraient cette fois apparaître entre le groupe expérimental et le groupe témoin, différences qui se manifesteront moins au pré-test où les deux groupes devraient réagir sensiblement de la même manière, qu'au post-test:

- les sujets témoins devraient continuer à faire preuve de stabilité en y accordant approximativement le même nombre de points qu'au pré-test;

- par contre, les enseignantes du groupe expérimental, si elles attachent vraiment plus d'importance au raisonnement, devraient ici manifester davantage d'insatisfaction en diminuant les notes attribuées.

Le tableau 21 résume les résultats effectivement obtenus: pour chacune des copies, on y trouve les notes données au pré puis au post-test par les enseignantes des deux groupes, chacune désignée par le même code alphanumérique que dans la section qui précède.

Il existe une grande similitude entre les réactions des sujets des groupes expérimental et témoin:

- dans les deux groupes, on remarque de multiples changements de notes du pré au post-test, changements qui sont presqu'aussi souvent des augmentations du nombre de points que des diminutions;

Tableau 21

Notes attribuées aux copies de type 2: bonne réponse sans le raisonnement

Groupe témoin			Groupe expérimental		
	Géom.:aire (André) Pré-post	Arith.:oeufs (Sylvain) Pré-post		Géom.:aire (André) Pré-post	Arith.:oeufs (Sylvain) Pré-post
T.01	10 - 10	10 - 10	E.01	6 - 10	6 - 0
T.02	5 - 0	1 - 0	E.02	3 - 2	3 - 2
T.03	5 - 5	5 - 5	E.03	5 - 7	3 - 6
T.04	5 - 2	0 - 0	E.04	0 - 3	0 - 0
T.05	5 - 10	5 - 10	E.05	0 - 0	0 - 0
T.06	10 - 8	10 - 4	E.06	8 - 3	0 - 1
T.07	7 - 3	1 - 1	E.07	10 - 10	10 - 10
T.08	8 - 7	3 - 3	E.08	4 - 0	4 - 0
T.09	5 - 0	0 - 0	E.09	7 - 10	5 - 2
T.10	5 - 8	2 - 2	E.10	4 - 4	2 - 2
T.11	0 - 2	0 - 0	E.11	10 - 9	10 - 8
T.12	4 - 7	4 - 7	E.12	2 - 0	2 - 0
T.13	5 - 2,5	0 - 2,5	E.13	5 - 7	5 - 6
T.14	2 - 2	2 - 2	E.14	5 - 8	5 - 5
T.15	5 - 5	5 - 7	E.15	5 - 1	0 - 1
T.16	8 - 5	5 - 3	E.16	5 - 5	5 - 5
			E.17	5 - 8	5 - 5
			E.18	10 - 9	0 - 10

- dans les deux groupes aussi, la quasi totalité des sujets montrent, par leurs commentaires et justifications, que l'absence de raisonnement explicite a fortement retenu leur attention, ce, autant au pré-test qu'au post-test;

- on remarque également que les commentaires d'une enseignante donnée sont bien souvent presqu'identiques en arithmétique et en géométrie, ce même si les notes sont plus élevées (autour de cinq en moyenne) dans ce dernier cas que dans le premier (autour de trois), la présence d'une figure pouvant être considérée comme l'amorce d'un raisonnement en géométrie.

Dans l'ensemble, les fluctuations de notes ne paraissent guère traduire un changement d'attitude chez les enseignantes, changement qui viendrait confirmer ou infirmer l'hypothèse de décentration de la réponse, car il n'y a ici aucune tendance définie dans un sens ou dans l'autre. Les commentaires émis en attestent, la grande majorité des enseignantes des deux groupes se sont dès le départ montrées plus sensible au raisonnement ou plutôt à son absence qu'à l'exactitude de la réponse, plusieurs signalant même qu'elles n'accepteraient pas de telles copies de leurs élèves. Ceci prouve que leur intérêt pour la réponse, même s'il est souvent grand, n'est pas exclusif au point de les amener à passer outre à l'absence complète ou quasi complète de détails sur la solution qui a conduit à cette réponse. Il faut cependant demeurer conscient que cette réaction ne traduit pas nécessairement une grande attention portée à la pensée de l'enfant: ainsi, quelques enseignantes du groupe témoin manifestent ouvertement leur crainte qu'André ou Sylvain ait copié sa réponse sur la feuille d'un voisin...

Nous appuyant avant tout sur les explications fournies par chacune des enseignantes et sur la cohérence de ces commentaires lorsque, pour une personne donnée, on passe au pré ou au post-test, de la copie de géométrie à celle d'arithmétique, nous pouvons ici conclure

- à une stabilité très acceptable manifestée par les gens du groupe témoin, stabilité qui montre que l'utilisation de l'outil au pré-test ne semble pas avoir affecté les réactions enregistrées au post-test;

- à l'absence d'une décentration de la réponse du pré au post-test, absence qui tient surtout au fait que dès le pré-test, le raisonnement brillait tellement par son absence que l'attention s'est immédiatement concentrée sur ce point, ne laissant alors guère de place pour une évolution comme celle que nous attendions.

3. Les copies d'Isabelle et de Jean: mauvais raisonnement, bonne réponse (type 3)

Les copies de type 3 ont été, de toutes celles que nous avons conçues en nous appuyant sur notre connaissance du travail des enfants du primaire, les plus difficiles à élaborer: il nous fallait imaginer des raisonnements manifestement erronés qui conduisent de façon crédible à de bonnes réponses. L'erreur d'Isabelle en géométrie est fondamentale puisqu'elle calcule le périmètre au lieu de l'aire. Le raisonnement de Jean en arithmétique est plus incomplet que fautif puisque cet élève n'effectue qu'une seule des trois opérations nécessaires et conclut immédiatement. Suivant nos attentes, l'enseignante qui met plutôt l'accent sur la réponse devrait ici donner une note élevée alors que celle qui s'attache davantage au raisonnement et perçoit l'erreur commise accordera moins de points: un déplacement de l'attention de la réponse vers le raisonnement devrait donc se traduire par une diminution des notes au post-test.

Les réactions des sujets de nos deux groupes, expérimental et témoin, devraient être sensiblement les mêmes au pré-test. Mais si notre hypothèse de travail est juste, des différences devraient se manifester dans le post-test où

- les membres du groupe témoin devraient corriger à peu près comme ils l'ont fait au pré-test;

- les enseignantes du groupe expérimental devraient pour leur part se montrer plus sensibles à l'erreur de raisonnement et diminuer les notes attribuées.

Le tableau 22 de la page suivante fournit, pour chacun des problèmes, la liste des notes attribuées au pré et au post-test par les sujets des deux groupes.

Comme dans le cas des copies de type 2, les deux groupes, expérimental et témoin, ont ici beaucoup en commun. On retrouve d'abord, dans chacun de ces groupes, des personnes que nous avons choisi d'écarter momentanément de nos échantillons d'arithmétique ou de géométrie parce qu'elles ont été, au pré et/ou au post-test, abusées par les raisonnements proposés, les jugeant bons alors qu'ils ne l'étaient pas. Les personnes ainsi mises à l'écart sont celles dont les notes sont marquées d'un astérisque dans le tableau 22. Ces enseignantes n'ont cependant pas ignoré la démarche de l'enfant pour ne regarder que sa réponse: au contraire, leurs commentaires le montrent, toutes ont, d'une manière ou d'une autre, considéré cette démarche, certaines applaudissant même une solution, à leurs yeux originale et qui démontre la compré- hension de l'enfant... Dans plusieurs de ces cas de méprise, les notes attribuées ont évidemment fluctué en fonction de l'interprétation donnée au raisonnement mais ces variations des points accordés ne traduisent pas vraiment de déplacement de l'attention de la réponse vers le raisonnement ou l'inverse. D'où leur mise à l'écart puisque ces copies ne pouvaient plus apporter tellement à notre recherche.

Tableau 22

Notes attribuées aux copies de type 3: mauvais raisonnement, bonne réponse

	Groupe témoin			Groupe expérimental	
	Géom.:aire (Isabelle) Pré-post	Arith.:oeufs (Jean) Pré-post		Géom.:aire (Isabelle) Pré-post	Arith.:oeufs (Jean) Pré-post
T.01	0 - 0	0 - 0	E.01	3 - 10*	5 - 10*
T.02	0 - 0	5 - 6	E.02	3 - 5	3 - 3
T.03	2 - 3	5 - 5	E.03	10 - 0*	4 - 4
T.04	2 - 0	3 - 3	E.04	0 - 0	5 - 4
T.05	0 - 0	0 - 0	E.05	0 - 0	0 - 0
T.06	2 - 4	3 - 3	E.06	10 - 0*	0 - 0
T.07	5 - 0	3 - 3	E.07	0 - 10	10 - 10*
T.08	0 - 0	5 - 5	E.08	0 - 0	5 - 5
T.09	10 - 10*	3 - 3	E.09	9 - 10*	0 - 2
T.10	0 - 0	3 - 5	E.10	4 - 4	2,5 - 10*
T.11	0 - 2	4 - 5	E.11	10 - 5	0 - 9*
T.12	0 - 0	5 - 3	E.12	2 - 1	5 - 5*
T.13	0 - 10*	0 - 0	E.13	5 - 5	7 - 7
T.14	2 - 2	5 - 6	E.14	1 - 7	5 - 7
T.15	0 - 10*	3 - 10*	E.15	2 - 0	3 - 3
T.16	? - 0*	5 - 5	E.16	0 - 5	7 - 8
			E.17	0 - 5*	5 - 3
			E.18	10 - 0*	0 - 0

* On n'a finalement pas tenu compte de ce résultat au moment de l'analyse.

Cette mise à l'écart nous a, un moment, amenés à requestionner la valeur du test mais une conclusion s'est vite imposée: plutôt que de nier cette valeur, ce qui s'est produit ici montre qu'au contraire, l'étude conjuguée des notes et des justifications nous permet de bien contrôler ce qui se passe, de bien faire la part de ce qui est significatif et de ce qui l'est moins, ce, mieux que n'importe quel test statistique puisque nous nous appuyons strictement et directement sur ce que les maîtres ont dit et fait. Cette mise à l'écart ne remet pas non plus en question la valeur de cette partie du test: la très grande majorité des enseignantes a évalué convenablement le raisonnement de chacun des enfants, montrant que démarche et procédures sont présentées avec suffisamment de réalisme et de détails pour qu'elles puissent retracer les failles des solutions malgré l'exactitude des réponses. Il n'en reste pas moins que nous avons ici la partie la plus difficile du test avec ce curieux amalgame d'un raisonnement erroné conduisant de façon rigoureuse à une bonne réponse: s'il demeure relativement facile pour un maître de suivre ou même de construire un bon raisonnement, il est parfois plus ardu de relever une ou des erreurs dans un raisonnement moins parfait mais qui a toutes les apparences de la rectitude.

Si nous revenons maintenant aux sujets retenus dans chacun de nos groupes et aux notes que ces personnes ont attribuées, nous devons conclure que nous n'avons pu y déceler de tendance significative malgré les multiples variations de notes observées: car ces fluctuations sont autant à la hausse qu'à la baisse et ne peuvent donc manifester une évolution un tant soit peu uniforme, au niveau de l'un ou l'autre des groupes, dans l'attention portée à la réponse et au raisonnement. Ceci est d'ailleurs doublement confirmé

- par les commentaires recueillis qui se révèlent bien souvent semblables au pré et au post-test et portent pratiquement tous sur le raisonnement de l'enfant,

- par la grande cohérence qui existe entre les réactions observées en géométrie et en arithmétique.

Cette absence de changement ne surprend pas au niveau du groupe témoin, confirmant simplement nos espoirs de stabilité et d'absence d'une influence trop grande du test lui-même sur les réactions des sujets.

Cette absence de changement bien orienté est un peu plus déconcertante au niveau du groupe expérimental; elle ne tue cependant pas tout espoir car tout ce que nous avons pu observer ici ne dit en rien qu'il y a eu, de façon générale, une centration accrue sur la réponse. Cela ne dit même pas qu'il n'y a pas eu de décentration de cette réponse puisqu'on a noté que le raisonnement des enfants y a sans cesse retenu l'attention. La seule conclusion à retenir, c'est plutôt que, s'il y a eu décentration, celle-ci ne s'est pas manifestée dans la correction de ces copies de type 3.

4. Les copies de Marc et de Renée: bon raisonnement et mauvaise réponse (type 4)

Marc et Renée présentent des copies où les raisonnements sont irréprochables, analogues respectivement à celui de Manuelle en géométrie et de Nicole en arithmétique. Hélas, les réponses qui émergent de ces raisonnements sont erronées: sur la feuille de Marc, il y a erreur de multiplication (8 x 3 = 16) alors que sur celle de Renée, une faute de transcription (elle reporte 42 au lieu de 48) explique la mauvaise réponse. Dans les deux cas, les procédures sont très clairement indiquées et devraient permettre de facilement constater la bonne compréhension de l'élève. Peu importe les critères donc, l'octroi d'une note devrait s'avérer relativement aisé ici. Suivant nos prévisions, l'enseignante qui met l'accent sur la réponse de l'enfant aura tendance à attribuer des notes plutôt basses, à l'opposé de celle qui s'attache davantage au raisonnement: cette dernière jugera ces copies plus favorablement malgré les mauvaises réponses et accordera des notes plus élevées. Aussi, une décentration du maître des réponses de ses élèves devrait-elle se traduire par une certaine propension à augmenter la note.

Suivant notre hypothèse de travail, des différences devraient se manifester entre les réactions des gens du groupe expérimental et

celles des membres du groupe témoin: non au pré-test où, dans la mesure où ils sont comparables, les deux groupes devraient corriger sensiblement de la même manière mais au post-test où

- les gens du groupe témoin devraient, pour leur part, continuer à faire preuve de stabilité en accordant sensiblement le même nombre de points qu'au pré-test;

- les changements devraient être nettement plus nombreux chez les sujets expérimentaux et, si notre hypothèse se vérifie, devraient aller dans le sens d'une décentration de la réponse, c'est-à-dire qu'en accord avec ce qui précède, les notes devraient être plus élevées au post-test qu'elles ne l'étaient au pré-test.

L'étude du tableau 23 des résultats reproduit à la page suivante permet de voir ce que l'on observe en pratique; pour chacune des enseignantes, toujours désignée par le même code alphanumérique, on retrouve la note attribuée au pré-test immédiatement suivie de celle accordée au post-test, ce pour chacune des copies d'élèves.

Tableau 23

Notes attribuées aux copies de type 4: mauvais réponse, bon raisonnement

	Groupe témoin			Groupe expérimental	
	Géom.:aire (Marc) Pré-post	Arith.:oeufs (Renée) Pré-post		Géom.:aire (Marc) Pré-post	Arith.:oeufs (Renée) Pré-post
T.01	5 - 8	8 - 8	E.01	7 - 8	8 - 8
T.02	8 - 8	8 - 8	E.02	7 - 8	7 - 9
T.03	8 - 8	7 - 8	E.03	7 - 9	8 - 9
T.04	7 - 6	6 - 6	E.04	7 - 8	7 - 8
T.05	6 - 9	9 - 9	E.05	8 - 8	8 - 8
T.06	8 - 9	9 - 9	E.06	8 - 8	8 - 8
T.07	7 - 7	9 - 9	E.07	0 - 0	0 - 0
T.08	8 - 8	8 - 8	E.08	8 - 8	8 - 8
T.09	8 - 8	8 - 9	E.09	4 - 8	7 - 8
T.10	8 - 8	7 - 8	E.10	5 - 7	8 - 8
T.11	8 - 8	6 - 5	E.11	8 - 8	8 - 7
T.12	7 - 7	7 - 7	E.12	8 - 8	8 - 8
T.13	0 - 7,5	5 - 10	E.13	8 - 8	7 - 8
T.14	8 - 8	8 - 8	E.14	7 - 7	5 - 6
T.15	0 - 0	6 - 6	E.15	8 - 9	8 - 9
T.16	5 - 5	5 - 5	E.16	7 - 8	7 - 8
			E.17	5 - 8	5 - 8
			E.18	8 - 8	8 - 8

L'analyse de la quatrième partie du test révèle que les deux groupes se sont montrés, au départ, tout à fait comparables, autant au chapitre de la valeur des notes accordées qu'au chapitre des commentaires émis, commentaires dans lesquels les gens ont, en général, relevé l'erreur de calcul ou la mauvaise transcription d'un nombre sans condamner ces distractions trop sévèrement.

Au post-test, le groupe témoin fait, pour sa part, preuve d'une remarquable stabilité, autant dans ses commentaires qui reprennent le plus souvent ce qui a été dit au pré-test, que dans les notes attribuées même si on observe une légère tendance à hausser ces notes, tendance observée chez vingt-cinq pour cent de ces gens, ce autant en arithmétique qu'en géométrie.

Le groupe expérimental, de son côté, s'il demeure très stable au plan des justifications qui prouvent que les deux éléments essentiels, démarche et réponse, sont ceux qui, au pré-test comme au post-test, ont vraiment retenu l'attention, comprend toutefois une majorité nette de gens qui augmentent leur note, ce autant en géométrie qu'en arithmétique. Si l'on peut considérer que vingt-cinq est le pourcentage "normal" d'enseignantes qui accroissent ainsi leur note, ce pourcentage est dépassé de loin par le soixante-sept pour cent en géométrie confirmé par un cinquante pour cent en arithmétique. Ces résultats sont tout à fait conformes à nos attentes puisqu'ils indiquent une tendance générale chez nos sujets expérimentaux à accroître le nombre de points et donc l'importance attachée au raisonnement par rapport à celle accordée à la réponse.

5. Résumé-conclusion de l'analyse des réponses au test de correction

Les changements dans l'attention portée par les enseignantes aux réponses et aux raisonnements de leurs élèves demeureront toujours difficiles à évaluer car ils se manifestent généralement comme des tendances et non comme des revirements nets et tranchés. Pour s'en

convaincre, il n'est que de considérer les réactions face aux copies de type 2 et de type 3: ni, dans le premier cas où seules apparaissaient des réponses exactes, les enseignantes sont demeurées un peu hésitantes, oscillant entre le doute et la magnanimité, dans le second, cette hésitation a bien souvent fait place à la confusion devant les curieux mélanges de raisonnements faux aboutissant à des réponses justes. Ceci montre qu'en général, les maîtres ne s'arrêtent pas exclusivement au raisonnement ou à la réponse mais que ces deux éléments, de même que quelques autres comme la façon de présenter les solutions par exemple, gardent toujours une certaine importance et demeurent liés entre eux dans l'évaluation des copies d'élèves. D'où le caractère plutôt limité des variations de notes que l'on peut observer, même dans les cas où il y a effectivement un déplacement de l'attention de la réponse vers le raisonnement. Et d'où, à un autre plan cette fois, le rôle capital des justifications demandées aux enseignantes puisque ces justifications permettent de saisir la signification véritable de changements parfois ténus relevés dans les notes attribuées au pré et au post-test.

Ce sont justement ces commentaires qui nous ont permis de constater que les enseignantes du groupe expérimental avaient bien reconnu, au pré comme au post-test, la valeur des raisonnements et réponses de Manuelle et de Nicole, ce, même si plusieurs notes étaient inférieures à dix: ces enseignantes se sont simplement montrées plus tâtillonnes au chapitre de la présentation formelle d'où les fluctuations un peu surprenantes des points accordés. Les explications fournies nous permettant de contrôler cette part de la sévérité face aux détails de présentation, nous avons pu conclure au sérieux et à la compétence de l'ensemble de nos sujets, tant expérimentaux que témoins, ces derniers faisant ici preuve d'une stabilité exemplaire.

Comme nous le disions un peu plus haut, les copies de type 2 semblent avoir quelque peu embarrassé les enseignantes: autant dans le groupe témoin que dans le groupe expérimental, on relève plusieurs augmentations et diminutions de notes, entre pré et post-test, sans que ne se dégage une tendance générale permettant de conclure à un déplacement

de l'attention de la réponse vers le raisonnement ou vice-versa. Les commentaires portent cependant tous sur le raisonnement, plusieurs personnes affirmant ne pas en tolérer l'absence sur les copies de leurs propres élèves. Ceci peut apparaître comme la manifestation d'un intérêt réel pour la pensée de l'enfant mais il faut demeurer prudent au moment d'en tirer une conclusion définitive car cela peut également s'expliquer par la crainte, explicitement exprimée par plusieurs sujets, que l'enfant ait copié la réponse de la feuille d'un voisin.

Plus encore que les copies de type 2, celles de type 3, où de mauvais raisonnements conduisent à des réponses exactes, ont causé des problèmes aux enseignantes. Dans les deux groupes, on a dû écarter temporairement plusieurs personnes qui se sont trompées sur la valeur des raisonnements d'Isabelle et/ou de Jean et considérer leurs corrections à part de celles des autres car les fluctuations de leurs notes n'étaient plus le fait d'un changement dans l'importance attribuée à la réponse et au raisonnement, mais bien d'un changement dans l'interprétation de ce raisonnement comme l'ont montré les explications jointes à ces notes. Quant aux autres notes, elles varient autant à la hausse qu'à la baisse, sans tendance générale qui pourrait indiquer une évolution dans l'attitude des enseignantes qui presque toutes, autant dans le groupe témoin que dans le groupe expérimental, émettent pourtant des commentaires sur la fausseté ou le caractère incomplet des solutions proposées.

Il faut noter ici que si les copies de type 2 et 3 n'ont fourni aucune confirmation de l'hypothèse, elles ne l'ont pas infirmée non plus: les commentaires des membres des deux groupes y portant tous sur le raisonnement, au pré comme au post-test, et les notes étant à peu près aussi souvent abaissées que relevées, nous ne pouvons simplement pas tirer de conclusion définitive de nos observations, sinon pour dire que, s'il y a eu une certaine décentration de la réponse, nous n'en avons pas d'indication claire jusqu'à maintenant.

La situation change cependant en abordant les corrections des copies de type 4: on découvre cette fois, une nette polarisation des

variations de notes, variations qui, sauf quelques rares exceptions, sont toutes à la hausse du pré au post-test.

- Déjà, au niveau du groupe témoin, cette tendance apparaît chez très exactement vingt-cinq pour cent des gens en géométrie et aussi vingt-cinq pour cent des gens en arithmétique. Les autres sujets, sauf une seule exception qui diminue sa note d'un point en géométrie, donnent exactement le même nombre de points à Marc et/ou Renée, au pré et au post-test.

- Par contre, au niveau du groupe expérimental, cette tendance est très grandement accentuée puisque cette fois, ce sont soixante-sept pour cent des notes en géométrie et cinquante pour cent des notes en arithmétique que l'on voit croître du pré au post-test.

Comme tous les commentaires des sujets expérimentaux portent sur le raisonnement dont la justesse est reconnue malgré la fausseté de la réponse et que, par ailleurs, aucune remarque n'est, cette fois, émise qui porterait à croire qu'un changement de note puisse s'expliquer par une sévérité moindre face à un détail plus secondaire de présentation, nous pouvons ici plus légitimement conclure que nos sujets expérimentaux ont vraiment accordé une importance accrue à la valeur du raisonnement lors du post-test. Cet accroissement dépassant de beaucoup celui relevé chez les sujets témoins, nous avons là une indication très sérieuse d'une influence du cours expérimental qui irait dans le sens de notre hypothèse.

Pour conclure cette analyse par types de copies, nous en avons mené une autre où nous avons considéré l'ensemble des corrections effectuées par une personne donnée en arithmétique et en géométrie, traitant ainsi, à tour de rôle, de chacun des sujets témoins et expérimentaux. Nous ne présentons cependant pas les détails de cette nouvelle analyse car elle n'a rien rapporté, ou à peu près, que nous ne sachions déjà. Tout au plus a-t-elle confirmé la cohérence qui existe entre

les différentes corrections effectuées au pré puis au post-test par chacune des personnes considérées et remis en évidence les problèmes qui ont suscité l'attribution de notes aux copies de type 2 et de type 3. Quelques personnes ont cependant retenu notre attention: il y a d'abord T.15 dont nous avons remarqué le manque de sérieux apparent, ce qui en fait un cas douteux dont il vaut mieux ne pas trop tenir compte mais dont la présence ne peut guère affecter notre lecture des tendances générales. Il y a aussi T.13 et E.07 dont l'une ou l'autre ou plusieurs des réactions ont pu nous surprendre: mais ces sujets faisant l'objet d'études de cas au chapitre suivant, nous aurons alors l'occasion de mieux comprendre leurs réponses respectives. C'est là aussi l'argument définitif qui nous a amenés à ne pas présenter ici cette deuxième forme d'analyse: c'est qu'elle sera reprise, de façon beaucoup plus complète et détaillée pour six sujets témoins et six sujets expérimentaux, au chapitre suivant où seront considérées simultanément les réactions au test, les réponses au questionnaire et celles obtenues lors des entrevues.

Trois grandes conclusions sont à retenir de tout ce qui précède. Deux d'entre elles touchent l'objet même de cette partie de la recherche alors que la dernière se veut un jugement sur l'outil utilisé pour la mener à bien:

- Si l'on considère les réactions des sujets du groupe témoin, on ne relève, au post-test, aucune trace d'une influence indue des tests, questionnaires et entrevues auxquels ces personnes ont été soumises avant le début du cours remplaçant, pour elles, le cours expérimental;

- du côté du groupe expérimental, nous avons obtenu une indication nette et conforme à notre hypothèse d'une importance accrue attachée au raisonnement de l'enfant. Cette évolution ne s'est cependant pas manifestée dans toutes les parties du test, certaines de ces parties constituant des tâches très difficiles pour les enseignantes des deux groupes et ne permettant pas de conclusion ferme;

- notre outil s'est finalement révélé efficace dans sa simplicité et nous a permis de répondre à la question posée de la façon la plus vraie puisque les "nuances de la réalité" sont bien apparues lors de l'analyse grâce notamment aux justifications exigées: il n'y a pas de maîtres tout blancs ou tout noirs mais des personnes qui corrigent le plus souvent au meilleur de leur connaissance, attachant de l'importance à la réponse mais aussi à la démarche et qui peuvent facilement être embêtées au moment d'attribuer une note...

Notre outil a un mérite, celui de ne pas exiger d'analyse complexe: aussi nos conclusions sont-elles le résultat d'un regard "direct", à l'oeil nu pourrait-on dire, porté sur le travail des enseignantes.

Analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires

Comme son nom l'indique, le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires a été élaboré dans le but de déterminer quelles sont les perceptions des mathématiques qui dominent chez les maîtres du primaire et de vérifier la présence d'une éventuelle évolution dans ces perceptions. Trois perceptions ont été retenues, chacune caractérisée par une série d'énoncés:

- le groupe d'énoncés A, les mathématiques comme savoir-faire, correspond à la perception traditionaliste;

- le groupe d'énoncés B, les mathématiques comme rigueur logique, décrit la perception formaliste;

- le groupe d'énoncés C, les mathématiques comme démarche de construction, caractérise la perception constructiviste.

Chacune de ces perceptions a été présentée en détail au chapitre IV où l'on retrouve aussi, au tableau 8, la liste complète des énoncés composant

chacun des groupes. Nous avons d'abord demandé aux enseignantes d'ordonner ces groupes d'énoncés suivant l'importance qu'elles leur reconnaissent en utilisant les signes "=" et ">", pour obtenir une première hiérarchisation, par exemple, C = A > B. Puis elles devaient prolonger cette classification en partageant un total de trente points entre les groupes, accordant par exemple, 12 points au groupe C, 12 points au groupe A et 6 points au groupe B. Cette pondération devrait à la fois permettre de confirmer et de préciser la première classification.

Suivant nos prévisions, les deux groupes devraient tous deux réagir sensiblement de la même manière au pré-test. Au post-test, le groupe témoin ne devrait pas changer tellement sa façon de répondre. On observera sans doute une évolution un peu plus grande dans le groupe expérimental, évolution vers la perception plus constructiviste représentée par le groupe d'énoncés C. Cette évolution prévue ne devrait cependant pas être spectaculaire, à cause, notamment, de l'importance que les sujets ne peuvent manquer de reconnaître à plusieurs énoncés des groupes A et B: aussi, les changements de perceptions se traduiront-ils surtout au niveau des points attribués qui manifesteront un déplacement de l'importance relative donnée à chaque groupe plutôt que dans des bouleversements complets et radicaux de la hiérarchisation des groupes d'énoncés.

Rappelons enfin, avant de passer à l'analyse comme telle, que le pré-test demandait une réponse en fonction des mathématiques étudiées par les enseignantes: cette question a été conservée pour le premier post-test auquel un second post-test, portant cette fois sur les mathématiques enseignées, a cependant été ajouté. Nous comparerons entre elles les réponses à ces deux post-tests mais la comparaison entre pré et post-test, mettra plutôt en jeu le premier post-test, ce pour des raisons évidentes de cohérence au chapitre des questions posées.

1. Le groupe témoin

On peut voir dans les différentes colonnes du tableau 24 ci-dessous, les classifications fournies par les sujets témoins au pré et aux post-tests. Chaque sujet est désigné par le même code alphanumérique qu'auparavant et sous les lettres représentant les divers groupes d'énoncés, on trouve le nombre de points attribués à chacun de ces groupes.

Tableau 24

Réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires*
Groupe témoin

Code du sujet	Pré-test maths étudiées	Post-test maths étudiées	Post-test maths enseignées
T.01	C > B > A 15 10 5	C > B > A 15 10 5	B > A > C 10 15 5
T.02	C > B > A 5 10 15	C > B = A 7 7 16	C > B = A 7 7 16
T.03	C > B > A 15 10 5		A B C 5 10 15
T.04	C > B = A 16 7 7	A B C 5 10 15	C B A 15 10 5
T.05	C > B = A 9 9 12	C > A > B 12 10 5	C > A > B 12 11 7
T.06	C = B > A 15 9 6	B > C < A 15 10 5	C > B > A 10 15 5
T.07	C > B > A 15 10 5	C > B > A 15 10 5	C > B > A 15 10 5
T.08	C > B > A 15 10 5	A B C 15 10 5	C B A 15 10 5
T.09	C > B > A 15 10 5	A > B > C 15 10 5	A > B > C 15 10 5

Tableau 24 (suite)

Code du sujet	Pré-test maths étudiées	Post-test maths étudiées	Post-test maths enseignées
T.10	C > B > A 15 10 5	A > B > C 5 5 20	C > B > A 20 5 5
T.11	C > B > A 15 10 5	C = B = A 10 15 5	C = B = A 10 15 5
T.12	C = B > A 15 10 5	A B C 20 5 5	C B A 15 10 5
T.13	B = A > C 7,5 7,5 15	C > B > A 5 10 15	B = C > A 12 12 6
T.14	C = A > B 10 10 10	A > B > C 15 15 0	A > C > B 15 10 5
T.15	C = B > A 5 10 15	A B C 5 10 15	C B A 15 10 5
T.16	C > B = A 15 10 5	A > B = C 15 7,5 7,5	C > A = B 7,5 15 7,5

* Dans ce questionnaire, le groupe d'énoncés A décrit les mathématiques traditionnelles (savoir-faire), B, les mathématiques formelles (rigueur logique) et C, les mathématiques constructivistes (démarche de pensée).

Un premier élément nous frappe dès le départ, c'est la grande incohérence qui existe entre la hiérarchisation première et la pondération qui devait la confirmer et la préciser: huit sujets sur seize au pré-test, six sur quinze au premier post-test et cinq sur seize au second attribuent des valeurs qui contredisent leur première classification! Et ceci, sans tenir compte des personnes qui ne proposent pas vraiment une telle première classification, refusant d'utiliser les symboles > et = pour ordonner les groupes d'énoncés: cela se produit une fois au pré-test, quatre et cinq fois dans le premier et le second post-test respectivement. On serait tenté de présumer que les gens n'ayant pas eu recours aux symboles > et = ont simplement placé les groupes d'énoncés de gauche à droite par ordre de préférence mais cette présomption est vite infirmée

par la pondération qui, dans près de la moitié des cas, indique que l'ordre inverse serait plutôt le bon...

Tout cela pose évidemment la question de la validité de ces réponses au test: heureusement, plusieurs maîtres ont émis des commentaires verbaux qui nous ont lancés sur la piste d'une explication du phénomène et nous ont en même temps indiqué qu'il fallait attacher plus d'importance aux points attribués dans la seconde partie du questionnaire qu'à la classification établie dans la première. Leurs remarques nous ont en effet révélé que plusieurs enseignantes ont été fort embêtées par le recours exigé aux symboles > ou =, d'abord parce qu'il y avait plus de deux variables en jeu mais surtout parce que ces variables étaient des lettres représentant des groupes d'énoncés auxquels aucune valeur numérique n'était encore attachée: or, les enseignantes du primaire, lorsqu'elles utilisent ces symboles > ou = ne le font jamais hors du contexte numérique, contexte de valeurs quantitatives, alors qu'il s'agissait ici d'ordonner des perceptions, c'est-à-dire des "valeurs" abstraites, qualitatives. D'où le désarroi de plusieurs qui s'est traduit par les incohérences mentionnées ou les refus de hiérarchiser à l'aide de symboles prescrits. Par ailleurs, l'attribution de points s'avérait pour elles une tâche nettement plus familière de sorte que l'on peut légitimement penser que c'est là qu'elles ont pu le mieux exprimer leurs convictions réelles. Sans compter que c'est au niveau de cette pondération qu'il est vraiment possible de saisir les nuances d'une éventuelle évolution, surtout si cette évolution n'est pas, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, un revirement complet par rapport à la situation de départ.

Nous nous retournons donc vers les points attribués pour conduire nos analyses. Notre premier réflexe, sans doute conditionné par ce qui a été fait dans l'analyse des réponses au test de correction, est de compter pour chaque groupe d'énoncés, le nombre de hausses et de baisses de notes observées du pré et post-test qui permet les comparaisons les plus cohérentes d'après les questions posées. Les résultats de ce dénombrement sont exposés dans le tableau suivant où seuls quinze sujets sont considérés, T.03 n'ayant pas répondu au premier pré-test.

Tableau 25

Nombre de notes haussées, inchangées et abaissées entre le pré-test et le premier post-test pour chacun des groupes d'énoncés [Groupe témoin (n = 15)]

	Notes haussées	Notes inchangées	Notes abaissées
A: mathématiques traditionnelles	7	4	4
B: mathématiques formelles	5	5	5
C: mathématiques constructivistes	4	2	9

On constate que, d'une façon générale, les mathématiques traditionnelles retiennent davantage l'attention des enseignants (sept augmentations de note contre quatre diminutions) au premier post-test qu'elles ne le faisaient au pré-test alors que c'est le contraire pour les mathématiques constructivistes (neuf diminutions contre quatre augmentations), la position des mathématiques formelles demeurant globalement inchangée.

Notons toutefois qu'ici les valeurs attribuées aux différents groupes d'énoncés ne sont pas indépendantes les unes des autres puisqu'il s'agissait de partager trente points entre les trois groupes: ce que l'un se voit accordé, l'autre en est privé; le calcul des moyennes de ces points donnés à chacun des groupes permet de mieux voir comment les points ont été reportés d'un groupe à l'autre en rendant possible la comparaison de leurs positions respectives lors du pré et des deux post-tests.

Tableau 26

Moyenne des points attribués à chacun des groupes d'énoncés par les sujets témoins (n = 15)

	Pré-test maths étudiées	Post-test maths étudiées	Post-test maths enseignées
A: mathématiques traditionnelles	7,5	10,4	8,9
B: mathématiques formelles	9,5	9,8	9,6
C: mathématiques constructivistes	13,0	9,8	11,6

On observe qu'au départ, le groupe C correspondant à la perception constructiviste est nettement en tête, suivi de B, perception formaliste et de A, perception traditionaliste. Pour évaluer les changements, on compare ces moyennes de départ à celles du premier post-test, celui portant sur les mathématiques étudiées: le groupe A y voit sa cote remonter de près de trois points alors que celle du groupe C descend d'autant, le groupe B maintenant la sienne. Ces résultats confirment tout à fait ceux obtenus précédemment, rendant plus explicite les indications déjà relevées: ce qui se dessine très nettement du pré au post-test, c'est une tendance à équilibrer le nombre de points attribués à chacune des catégories d'énoncés.

Si l'on se tourne maintenant vers les moyennes obtenues au second post-test (orienté celui-ci vers la perception des mathématiques enseignées) pour aussi en comparer les moyennes à celles du pré-test, on voit apparaître la même tendance vers l'équilibre des valeurs accolées aux trois perceptions mais cette tendance est moins marquée qu'avec le premier post-test, l'équilibre final moins parfait que dans le premier cas: B voit encore une fois sa cote demeurer stationnaire du pré au post-test,

celle de C est diminuée de près de un point et demi et celle de A, augmentée d'autant.

Si, par ailleurs, on compare les deux post-tests entre eux, on constate d'abord, en consultant le tableau 24, que neuf des quinze enseignantes retenues perçoivent de la même façon les mathématiques qu'elles ont étudiées et celles qu'elles enseignent alors que les six autres en ont des visions différentes, ces différences se manifestant surtout au niveau des catégories A, mathématiques traditionnelles et C, mathématiques constructivistes. Ces constatations sont confirmées par les comparaisons des moyennes (tableau 26) qui démontrent que les mathématiques enseignées sont perçues comme plus constructivistes et moins traditionnelles que celles étudiées, l'importance des aspects formels n'ayant de nouveau guère bougé.

Pour clore cette partie d'analyse touchant le groupe témoin, trois éléments principaux sont donc à retenir:

- Il y a une nette incohérence entre la hiérarchisation première des groupes d'énoncés demandée aux enseignantes et la pondération qui devait la préciser: cependant, des indications ont pu être relevées à l'effet que cette pondération est l'élément le plus fiable, celui qu'il faut considérer;

- les enseignantes se sont révélées plus constructivistes et moins traditionnelles dans leur perception des mathématiques qu'elles enseignent que dans celles des mathématiques qu'elles ont apprises: ce phénomène n'est guère surprenant car, entre les années cinquante ou soixante et aujourd'hui, il y a tout de même eu une certaine évolution dans la façon d'aborder et de présenter les mathématiques. Nous pouvons ajouter qu'il est même encourageant pour notre projet de constater que les enseignantes ne sont pas demeurées totalement imperméables à ces changements;

- entre le pré et le post-test numéro un qui était le seul à vraiment se comparer au pré-test par les questions posées, on a relevé une évolution chez les sujets témoins, évolution qui se caractérise par une tendance "naturelle" à équilibrer, du moins en moyenne, les valeurs attribuées aux trois groupes d'énoncés. Le "du moins en moyenne" est cependant très important ici car au niveau des enseignantes prises individuellement, il ne se dégage aucune tendance nette, les changements observés s'égaillant dans toutes les directions.

Le qualificatif "naturelle" a été mis entre guillemets dans notre dernière remarque car la tendance générale observée au niveau des moyennes peut très bien n'être pas tout à fait spontanée mais résulter du premier contact des enseignantes avec le questionnaire. En effet, des questions d'essence philosophique comme celles ici posées sur la nature des mathématiques sont très rarement abordées: la plupart des personnes interrogées n'avaient sans doute guère eu l'occasion de s'y arrêter avant le pré-test. Ce dernier peut donc très vraisemblablement avoir initié une réflexion et, de la sorte, provoqué les changements. Comme chacun des groupes d'énoncés comporte un certain nombre d'éléments dont nul ne saurait nier l'importance, il n'est pas surprenant qu'après ce temps où la réflexion n'était en aucune manière organisée ou canalisée, les enseignantes n'arrivent plus à départager les différentes perceptions qui leur sont proposées. Les changements dans la pondération s'éparpillent alors dans tous les sens pour venir s'équilibrer mutuellement au niveau des moyennes du groupe: ceci montre finalement que leurs choix de départ n'étaient pas très solidement ancrés, ni fortement articulés.

2. Le groupe expérimental

Les réponses des sujets expérimentaux au questionnaire sont exposées au tableau 27. Chaque code alphanumérique y désigne toujours la même personne qu'auparavant alors que les classifications sont présentées comme l'étaient plus haut celles des sujets témoins: d'abord celle fournie au pré-test puis celles des deux post-tests avec, sous les lettres

correspondant aux différents groupes d'énoncés, le nombre de points qui leur est à chaque fois attribué.

Tableau 27

Réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires*
Groupe expérimental

Code du sujet	Pré-test maths étudiées	Post-test maths étudiées	Post-test maths enseignées
E.01	C > A = B 15 10 5	C = A > B 12 12 6	C = A > B 12 12 6
E.02	C > B = A 5 5 20	C > B > A 5 10 15	C = B = A 10 10 10
E.03	C B < A 20 0 10	C > A > B 15 10 5	C > A > B 15 10 5
E.04	C > B = A 5 5 20	C > A > B 15 10 5	C > A > B 20 5 5
E.05	C = B > A 11 11 8	C > B > A 14 10 6	A = B > C 12 12 6
E.06	C > B = A 20 5 5	C > B = A 15 10 5	C > B = A 15 10 5
E.07	B > A > C 7 10 13	A > B > C 13 10 7	C = A > B 6 12 12
E.08	C > A > B 15 10 5	C > B > A 15 5 10	C = A > B 15 10 5
E.09	C > A = B 20 5 5	C > B = A 20 5 5	C > B > A 20 5 5
E.10	C > A = B 20 5 5	C > A > B 12 10 8	C = A > B 12 12 6
E.11	C = A > B 13 13 4	C = A > B 13 13 4	C = A > B 13 13 4

Tableau 27 (suite)

Code du sujet	Pré-test maths étudiées	Post-test maths étudiées	Post-test maths enseignées
E.12	C > A > B 15 10 5	A = C > B 11 8 11	A > C > B 12 8 10
E.13	C = A > B 12 12 6	C = A > B 12 12 6	C = A > B 12 12 6
E.14	C A B 8 15 10	C > A > B 15 8 7	C > B > A 15 8 7
E.15	C B = A 18 6 6	C B A 25 3 2	A > C B 15 5 10
E.16	C > B > A 5 10 15	C > A > B 15 10 5	C > A = B 15 8 7
E.17	C > B > A 20 5 5	A = B C 12 12 6	C > B = A 20 5 5
E.18	C > B = A 15 10 5	C > A = B 15 7,5 7,5	C > A > B 15 10 5

* Dans ce questionnaire, le groupe d'énoncés A décrit les mathématiques traditionnelles (savoir-faire), B, les mathématiques formelles (rigueur logique) et C, les mathématiques constructivistes (démarche de pensée).

De nouveau, on est d'abord frappé par les multiples incohérences entre la première hiérarchisation et la pondération qui devait la confirmer: huit des dix-huit sujets au pré-test, quatre et sept sur dix-huit respectivement au premier et au second post-tests accordent des points qui contredisent leur classification primitive. Par contre, le nombre de personnes qui n'utilisent qu'en partie ou pas du tout les symboles > ou = en répondant à la première partie du questionnaire est moins élevé que dans le groupe témoin: il y en a trois au pré-test, deux et une pour les premier et second post-tests.

Instruits par l'expérience acquise de ce groupe témoin et compte tenu du fait qu'un bon nombre de remarques déjà évoquées sur les difficultés d'utilisation des symboles > et = avec plus de deux variables qui, de surcroît, sont des variables plus "qualitatives" que numériques, étaient aussi le fait de nos sujets expérimentaux, nous nous retournons immédiatement vers les points attribués pour mener notre analyse à terme.

Cependant, comme il nous faut voir jusqu'à quel point nos groupes témoin et expérimental sont comparables au pré-test, nous allons d'abord nous intéresser aux moyennes des points attribués à chaque groupe d'énoncés avant de dénombrer les augmentations et diminutions de notes entre pré et post-test: ces moyennes sont présentées au tableau 28 ci-dessous.

Tableau 28

Moyenne des points attribués à chacun des groupes d'énoncés par les sujets expérimentaux (n = 18)

	Pré-test maths étudiées	Post-test maths étudiées	Post-test maths enseignées
A: mathématiques traditionnelles	10,2	9,5	9,7
B: mathématiques formelles	6,1	7,2	7,3
C: mathématiques constructivistes	13,7	13,3	13,0

Nous limitant pour l'instant aux résultats du pré-test, on constate qu'à l'instar de ce qui a été observé avec les sujets témoins, le groupe d'énoncés C, correspondant aux mathématiques constructivistes, est largement en tête avec une moyenne supérieure à treize. Il est cependant suivi par le groupe A, les mathématiques traditionnelles, avec un peu plus

de dix, le groupe B, les mathématiques formelles, fermant la marche avec six: chez les sujets témoins, B (9,5) précédait A (7,5). Donc si, au départ, les opinions des gens des deux groupes concordent sur l'importance des mathématiques comme démarche de pensée, les sujets expérimentaux se considèrent, par ailleurs, comme plus traditionalistes que formalistes alors que les sujets témoins se voient davantage comme formalistes, les aspects traditionnels étant repoussés en dernière place.

Avant de voir comment le groupe expérimental a évolué et de comparer cette évolution à celle relevée chez les sujets témoins, signalons un fait qui nous a surpris: au pré-test, les deux tiers des enseignantes du groupe expérimental ont ajouté des commentaires sur leur questionnaire. Le phénomène ne s'est pas produit avec le groupe témoin et ne s'est pas non plus représenté aux post-tests avec les sujets expérimentaux. Est-ce là un effet du hasard ou un résultat de ce qui a pu être dit lors de la passation du pré-test? Nous n'avons pas mémoire d'avoir invité les gens à émettre ainsi des remarques mais peut-être une phrase prononcée en présentant le questionnaire a-t-elle été interprétée comme une telle invitation... Quoi qu'il en soit, ces commentaires sont instructifs: plusieurs enseignantes y précisent que malgré la question posée lors de ce pré-test, question portant sur les mathématiques qu'elles avaient étudiées, elles ont répondu en fonction de leurs convictions actuelles, convictions qui correspondent mieux aux mathématiques qu'elles enseignent qu'à celles qu'elles ont apprises. Ainsi, E.05 avoue qu'il y a

> confusion entre "ce que j'ai étudié" et "ce que je pense des mathématiques". Ce que j'ai étudié = des formules magiques, du "savoir-faire". Comme vous voyez, j'ai répondu aux questions dans l'optique de "ce que je pense des mathématiques".

Et E.10 qui place les mathématiques constructivistes (groupe C) très loin devant les deux autres perceptions, explique:

> les mathématiques que j'ai étudiées étaient plutôt axées sur des calculs, formules... (groupe A) mais tel que je le vois maintenant, j'opte davantage pour

une démarche de construction (groupe C). Il est certain que le savoir-faire et la rigueur logique font partie de la démarche mathématique.

E.18, pour sa part, juge que la question posée contredit ce qui est affirmé au début du questionnaire, lorsque sont introduits les groupes d'énoncés:

> ce que signifie pour vous faire des mathématiques est en contradiction avec le début du texte qui dit ce que j'ai étudié.

On retrouve là l'essence de ce que disait E.05 en parlant plus haut de confusion entre ce qu'il a étudié et ce qu'il pense des mathématiques.

Ces commentaires amènent cependant une nouvelle question: lequel des post-tests faut-il maintenant choisir pour le comparer au pré-test et juger d'une éventuelle évolution de nos sujets? Le second, qui porte sur les mathématiques enseignées ne serait-il pas le plus pertinent?

Avant de répondre, une première comparaison entre les deux post-tests s'impose: prenant le tableau 27 comme référence, on constate que, si sept des dix-huit enseignantes répondent de façon identique aux deux post-tests, onze autres modifient leur réponse d'un post-test à l'autre. Certaines différences sont peut-être minimes ou nulles, E.14 en est un exemple, mais d'autres, comme celles observées chez E.15, sont beaucoup plus importantes, ce qui ne nous aide guère à trouver une solution. Par contre, au chapitre des moyennes présentées au tableau 28, moyennes qui constituent autant de mesures globales des réactions des enseignantes, on constate une similitude étonnante entre les résultats obtenus de chacun des post-tests, similitude laissant croire que le choix de l'un ou de l'autre n'influerait guère sur les conclusions.

Le choix du premier post-test, celui où la question posée portait sur les mathématiques étudiées, nous semble malgré tout le plus sage. D'abord parce que notre analyse sera plus cohérente lorsque viendra le moment de comparer nos deux groupes. Mais aussi parce que les

commentaires que nous avons rapportés ne sont pas le fait de tous les sujets expérimentaux et qu'il serait imprudent de généraliser en concluant que toutes les personnes ont répondu au questionnaire du pré-test en s'appuyant sur les mathématiques qu'elles enseignent. Enfin, la réaction qui est apparue au pré-test a dû se manifester sensiblement de la même façon au premier post-test puisque les questions posées n'avaient pas alors été modifiées et que les enseignantes n'avaient pas non plus répondu aux questions du second post-test: celles qui ont, au départ, répondu en fonction de ce qu'elles enseignent, ont très vraisemblablement fait de même lors de la reprise du même questionnaire.

Afin d'établir la comparaison entre le pré et ce premier post-test, nous allons, à l'instar de ce que nous avons fait avec les sujets témoins, d'abord considérer le nombre d'augmentations et de diminutions des notes attribuées à chacune des catégories d'énoncés. Nous reviendrons ensuite aux moyennes déjà présentées au tableau 28 afin de compléter nos observations.

Tableau 29

Nombre de notes haussées, inchangées et abaissées entre le pré-test et le premier post-test pour chacun des groupes d'énoncés [Groupe expérimental (n = 16)]

	Notes haussées	Notes inchangées	Notes abaissées
A: mathématiques traditionnelles	6	6	6
B: mathématiques formelles	8	5	5
C: mathématiques constructivistes	5	6	7

Un premier coup d'oeil sur ce tableau montre que la position de la vision traditionaliste (groupe A) demeure à peu près inchangée si l'on considère l'ensemble des sujets, les six augmentations de notes se voyant contrebalancées par six diminutions. Par contre, celle des mathématiques formelles (groupe B) s'améliore avec huit augmentations contre cinq diminutions alors que la perception constructiviste (groupe C) voit la faveur dont elle jouit décroître (sept diminutions contre cinq hausses). Ceci laisse l'impression que le groupe expérimental devient un peu plus formaliste que constructiviste... mais cette conclusion demeure très approximative compte tenu de l'absence de tendance uniforme dans les changements observés, conclusion un peu prématurée aussi si l'on pense à la situation de départ. Afin de préciser cela, revenons aux moyennes du tableau 28 où nous considérons cette fois les deux premières colonnes de chiffres, celles du pré-test et du premier post-test respectivement.

Ces moyennes confirment d'abord le caractère quasi constant de la valeur attribuée aux mathématiques traditionnelles dont la cote se maintient autour de dix ne perdant que quelques dixièmes de points. Par contre, il est plus surprenant de constater que la note des mathématiques constructivistes décroît à peine, moins même que celle des mathématiques traditionnelles. Ce sont évidemment les mathématiques formelles qui récupèrent les fractions de points grignotées en A et en C, leur valeur étant accrue d'environ un point. D'aucuns pourraient voir dans ces changements une trace, quoique bien légère, de la tendance à équilibrer les notes attribuées à chacune des perceptions. Mais cette tendance est ici tellement peu marquée qu'il serait présomptueux de conclure là-dessus: il est plus prudent de simplement retenir qu'au chapitre des moyennes, les enseignantes du groupe expérimental maintiennent, au premier post-test, les positions adoptées au pré-test. Et que malgré tous les changements rapportés au tableau 29, la perception constructiviste reste ici nettement dominante, toujours suivie des perceptions traditionalistes puis formalistes.

Par curiosité, nous avons refait brièvement la même démarche d'analyse en considérant cette fois le second post-test, celui qui porte sur

les mathématiques enseignées. On trouve, au tableau 30, les résultats du dénombrement des hausses et baisses de notes relevées pour chacune des catégories d'énoncés.

Tableau 30

Nombre de notes haussées, inchangées et abaissées entre le pré-test et le second post-test pour chacun des groupes d'énoncés [Groupe expérimental (n = 18)]

	Notes haussées	Notes inchangées	Notes abaissées
A: mathématiques traditionnelles	7	7	4
B: mathématiques formelles	9	6	3
C: mathématiques constructivistes	4	6	8

Encore ici, on observe des changements dans toutes les directions sans qu'une tendance nette n'apparaisse. Les hausses sont plus nombreuses que les baisses pour les catégories A et B alors que les notes attribuées aux énoncés C sont plus souvent diminuées qu'augmentées: ceci pourrait faire croire à une certaine recherche d'équilibre mais un nouveau coup d'oeil sur les moyennes du tableau 28 révèle que ce n'est pas tout à fait le cas. Nous l'avons signalé plus haut en comparant les deux post-tests, ceux-ci sont, au chapitre des moyennes, étonnamment semblables, la différence la plus importante n'étant que de trois dixièmes de points! De sorte que, pour le second post-test comme pour le premier, la seule conclusion à tirer, c'est que la position du groupe, pris globalement, n'a pas changé malgré le grand nombre de différences observées au plan plus individuel, dans les notes attribuées aux catégories d'énoncés.

Si l'on revient à l'ensemble de l'analyse des réponses des sujets expérimentaux, trois éléments sont à retenir:

- l'incohérence qui existe entre la première classification effectuée par les enseignantes et la valeur des notes ensuite accordées à chacune des catégories d'énoncés. Ce sont ces notes qui ont été retenues pour les fins de l'analyse, à la fois parce qu'elles exprimaient vraisemblablement mieux la pensée des enseignantes et parce qu'elles permettaient de mieux préciser une éventuelle évolution;

- le grand nombre de changements entre la réponse du pré et des post-tests, changements qui ne se sont pas avérés polarisés de manière à indiquer une évolution nette des enseignantes vers une perception ou une autre;

- la forte stabilité des convictions de l'ensemble du groupe lorsque l'on considère les moyennes des notes attribuées à chacune des catégories d'énoncés: ces moyennes demeurent dans chacun des deux post-tests, ce qu'elles étaient au pré-test où la perspective constructiviste domine largement, suivie, dans l'ordre, des perceptions traditionnelles et formelles.

3. Comparaison entre les groupes expérimental et témoin

Si l'on rapproche les conclusions tirées de l'examen des réponses dans chacun de nos deux groupes d'enseignantes, on remarque un certain nombre de traits communs et aussi une différence importante.

L'incohérence relevée, lors du pré comme des post-tests, entre les classifications préalables et les pondérations, est un de ces traits communs: nous y reviendrons dans la section suivante au moment de réfléchir sur notre questionnaire. Un autre élément remarquable, c'est le grand nombre de changements relevés dans les réponses entre pré et post-tests:

si cela ne surprend guère chez les enseignantes du groupe expérimental, on attendait plus de stabilité dans les réactions des membres du groupe témoin. Or, ici on a le sentiment que tous bougent, que la majorité des gens de chacun des groupes évoluent sans cependant que l'on puisse mettre à jour de tendance précise, une orientation particulière traduisant un changement de perception généralisé dans l'un ou l'autre de ces groupes puisque nulle catégorie d'énoncés ne voit sa cote haussée ou abaissée de façon systématique.

Il n'y a qu'en considérant chaque groupe d'enseignantes comme un tout, ainsi que nous l'avons fait en calculant des notes moyennes pour chacune des catégories d'énoncés, que l'on obtient certaines indications intéressantes: en effet, la comparaison des moyennes obtenues révèle que si nos deux groupes se montrent raisonnablement semblables au pré-test, ils se distinguent par contre, l'un de l'autre au post-test, le groupe témoin étant celui qui a le plus changé:

- on voit, en effet, les moyennes des points accordés par les sujets témoins, tendre nettement aux deux post-tests, vers un équilibre comme si le pré-test avait amorcé une réflexion qui a abouti à une incapacité de départager les catégories d'énoncés, d'accorder plus d'importance à l'une qu'à l'autre;

- le groupe expérimental se montre, pour sa part, mieux ancré dans des convictions de départ qui ne semblent pas changées aux post-tests: on voit, à chaque fois, dominer la perception constructiviste sans que soit, par ailleurs, nié l'importance des aspects rigueur et savoir-faire.

Cette dernière réaction peut très vraisemblablement être une conséquence directe du cours expérimental où l'accent était très nettement mis sur la façon dont l'enfant élabore ses connaissances et sa compréhension des concepts, accent sur les mathématiques comme démarche de pensée, donc: intégrant ainsi une vision constructiviste de l'apprentissage à l'étude des

notions elles-mêmes, il a très bien pu contribuer à affirmer une conviction qui s'est avérée plus volatile chez les gens du groupe témoin.

Ces observations confirment d'une certaine façon notre hypothèse de travail: mais avant d'en tirer une conclusion trop définitive, il serait prudent de jeter un regard critique sur notre questionnaire comme outil et sur l'analyse des réponses obtenues grâce à cet outil.

4. Regard critique sur le questionnaire et l'analyse des réponses

Tout ne s'est pas passé comme prévu avec ce questionnaire: les enseignantes ont éprouvé des difficultés au moment d'y répondre, ce qui nous en a amenées, à notre tour, au moment de procéder à l'analyse de ces réponses. La surprise la plus désagréable a été le manque de cohérence entre la première classification des groupes d'énoncés et la pondération qui devait la prolonger et la préciser.

Cela ne signifie pas que le questionnaire lui-même ait été mal conçu: mais il n'était peut-être pas tout à fait adapté à notre clientèle. C'est ce que semblent montrer les problèmes éprouvés par les enseignantes dans l'utilisation des symboles > et = dans un contexte plus qualitatif que quantitatif. Mais cette mésadaption du questionnaire est sans doute plus fondamentale et touche le fond même des questions abordées: les maîtres du primaire n'ont pas, en général, de formation mathématique poussée de sorte que leur perception "philosophique" de la nature de cette discipline demeure extrêmement superficielle et fluctuante. En fait, les questions posées ici ne le sont à peu près jamais ailleurs de sorte que la plupart des gens, et ceci inclut une large majorité de mathématiciens (Davis et Hersh, 1980), n'y ont pas vraiment réfléchi. Dans de telles conditions, on comprend mieux pourquoi les opinions relevées ne sont pas du tout radicales ou affirmées et pourquoi, comme cela s'est produit au niveau du groupe témoin, le seul fait de soulever la question amène ces opinions à évoluer "naturellement" vers une position d'équilibre qui ne témoigne pas d'un choix réel des personnes mais manifeste leur incapacité globale à effectuer un tel choix: on ne relève aucune trace d'un consensus autour

d'une perception particulière dans ces réponses du groupe témoin, tout au plus peut-on y voir la reconnaissance de l'existence de plusieurs visions possibles ayant chacune leur valeur, aucune ne dominant les autres par son importance.

Sans doute la conception des mathématiques véhiculée par les enseignantes n'est-elle, en général, ni bien consciente, ni bien explicite, mais il y a plus: on ne peut guère parler dans leur cas d'une position vraiment "philosophique" - terme déjà mis entre guillemets au paragraphe précédent - car leur vision ne saurait être dissociée de leur perception de l'enseignement et de l'apprentissage. C'est d'ailleurs ce qui nous a finalement poussé à ajouter le terme "scolaires" au nom complet du questionnaire: leur perception en est plus une d'éducatrices que de philosophes s'interrogeant sur la nature d'une discipline. En formulant les questions avant le pré-test, notre souci était justement de détacher les enseignantes de leurs préoccupations d'enseignantes et de les centrer sur leur seule perception des mathématiques comme telles, d'où la question portant sur les mathématiques étudiées et non sur celles enseignées. Cela semble avoir été une erreur car il nous apparaît de plus en plus clairement que leur perception réelle et actuelle ne peut résulter seulement de ce qu'elles ont appris: c'est sans doute le sens profond des remarques de E.05 et de E.16 qui, au pré-test, jugeaient incohérentes la présentation des groupes d'énoncés et la question qui y faisait suite.

Nous avons voulu nous rattraper quelque peu en ajoutant le second post-test portant sur les mathématiques enseignées mais cette tentative s'est avérée vaine: au niveau de la perception des mathématiques, la distinction des sources de cette perception est inutile et si c'était à refaire, nous enlèverions toute référence à ces sources. Nous omettrions aussi la première question de hiérarchisation qui non seulement n'a pas apporté de renseignements utiles mais n'a pas non plus aidé les enseignantes dans la tâche de pondération qui suivait. La disparition de cette première classification permettrait de modifier la présentation de l'ensemble du questionnaire: il serait ainsi possible d'éliminer les catégories pour ne garder que les énoncés; ce qui

permettrait de mieux voir quels sont les éléments précis auxquels les maîtres attachent de l'importance à l'intérieur de chacune de ces catégories. On leur demanderait alors d'attribuer une note sur dix à chaque énoncé ou de les situer suivant leur importance sur une échelle discrète ou continue. Au chapitre de l'analyse, nous pourrions ensuite regrouper les énoncés comme ils l'étaient dans le test ici utilisé et faire une lecture des réponses où les nuances des opinions des enseignants et enssignantes pourraient éventuellement mieux ressortir.

Quelques remarques s'imposent aussi sur la nature des analyses que nous avons menées dans les pages qui précèdent. On l'aura remarqué, les conclusions ici obtenues s'appuient sur des calculs de moyennes, approche que nous avions refusée dans les analyses des réponses au test de correction. Rappelons cependant que dans ce test de correction, les notes attribuées par les enseignantes et les changements dans ces notes étaient expliqués par des justifications qui permettraient de les interpréter: c'est grâce à ces justifications que nous avons pu comprendre les variations dans les points attribués aux copies parfaites de type 1 (Manuelle et Nicole) par les sujets expérimentaux. Dénombrant les hausses et baisses de notes pour chacun des types de copies, et contrôlant leur signification grâce aux commentaires les accompagnant, nous avons pu voir, individu par individu, ce qui s'était passé lors des différentes corrections pour ensuite établir des comparaisons entre nos groupes; certains types de copies nous ont ainsi éclairés (1 et 4) alors que les autres n'ont pas permis de tirer de conclusions définitives (2 et 3). L'étude des moyennes n'aurait, dans ce cas, rien apporté de plus (nous avons vérifié) et avait le désavantage de faire disparaître complètement les réactions des sujets dans une réaction globale qui n'était celle de personne en particulier.

Au moment d'analyser les réponses au questionnaire, par contre, nous ne pouvions plus profiter de commentaires permettant de mieux juger des réponses et de l'évolution des individus, de bien comprendre le sens de chacune des hausses et baisses de notes entre pré et post-tests. D'autre part, le dénombrement de ces hausses et baisses n'a rien apporté de remarquable, un peu comme cela s'était produit dans le cas

des copies de type 2 et 3 lors de l'analyse du test de correction. Ne pouvant tirer de conclusion à partir de considérations que l'on pourrait qualifier d'"individuelles", nous nous sommes retournés vers les moyennes, demeurant conscients du caractère très global, impersonnel, dirions-nous, des indications ainsi obtenues: ce que l'on voit apparaître, ce sont des tendances dans l'évolution de groupes sans que ces tendances ressortent très clairement au niveau des individus les composant comme cela a, par exemple, été le cas avec les copies de type 4 dans le test précédent.

5. Conclusion de l'analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires

Gardant bien présentes à l'esprit les dernières remarques sur le caractère global et "désindividualisé" des analyses faites et des conclusions que nous en tirons, nous pouvons ici retenir deux éléments:

- le groupe témoin, après avoir privilégié au pré-test, une vision constructiviste des mathématiques au dépens des perspectives formelles et traditionnelles, semble s'être ravisé aux post-tests, ne parvenant plus à départager les trois perceptions;

- le groupe expérimental qui avait, de la même façon, privilégié les mathématiques constructivistes au pré-test, a maintenu cette position aux post-tests, comme si le cours expérimental avait contribué à enraciner cette conviction, empêchant un mouvement vers l'équilibre comme celui observé dans l'autre groupe.

Nous pouvons noter, en terminant que cette perception constructiviste qui s'est maintenue au niveau du groupe expérimental est tout à fait cohérente avec la tendance à accorder plus d'attention au raisonnement de l'enfant lors du post-test de correction: car le maintien a, certes, exigé une réflexion sur l'importance de la démarche de pensée en mathématiques, réflexion qui devrait aussi ressortir dans les études de

cas qui suivent et grâce auxquelles il nous sera sans doute plus facile de voir apparaître des convergences entre les indications obtenues de nos divers instruments d'évaluation.

CHAPITRE VI

DOUZE ÉTUDES DE CAS

Dans ce chapitre, nous présentons un résumé détaillé des principales conclusions dégagées de nos douze études de cas. Six de ces études ont été menées auprès de sujets du groupe témoin, les six autres, auprès de sujets du groupe expérimental. Ces études de cas s'appuient avant tout sur les réponses fournies lors des entrevues mais également sur les réactions et réponses de chacun de nos sujets au test et au questionnaire, test et questionnaire dont nous avons présenté l'analyse globale au chapitre précédent.

Du côté des sujets du groupe témoin, le schéma global des analyses a été le même d'une personne à l'autre: pour chacune des séries de questions, la pré-entrevue a d'abord été considérée, immédiatement suivie de la post-entrevue. Rappelons que les termes pré-entrevue et post-entrevue sont utilisés pour désigner, respectivement, l'entrevue menée avec nos sujets avant le cours qu'ils devaient suivre et l'entrevue (composée des mêmes questions) enregistrée avec les mêmes gens à la fin des quinze semaines de ce cours. Tout au long de nos analyses, l'ordre dans lequel les thèmes ont été abordés a été conservé afin de faciliter les comparaisons entre sujets et le dégagement d'éventuelles tendances générales.

Pour chacun des sujets, avant de nous pencher ainsi sur les entrevues, nous nous sommes d'abord arrêtés à ses réponses au test de correction et au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires, chacun de ces deux outils nous fournissant un pré-test et un post-test; nous en avons alors réalisé une brève analyse individuelle pour pouvoir ensuite en comparer les résultats à ceux obtenus de l'étude des réponses de la personne considérée à l'entrevue: de cette manière, il a été possible de voir s'il y avait convergence des indications obtenues de ces diverses sources de renseignements.

Dans l'ensemble de ces analyses touchant chacun de nos six sujets témoins, deux éléments principaux ont retenu notre attention, éléments directement liés aux hypothèses de notre travail et qui sont ici présentés sous forme de questions.

1. Quelles sont les perceptions manifestées par notre sujet? En particulier,

   .1) quelle importance accorde-t-il aux raisonnements et aux réponses des élèves?

   .2) Quelle perception des mathématiques scolaires privilégie-t-il?

   .3) Quelle est sa vision de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques?

   .4) Les indications obtenues de l'entrevue vont-elles dans le même sens que celles tirées du test de correction et du questionnaire sur la perception des mathématiques?

2. Y a-t-il évolution dans la pensée de notre sujet? Manifeste-t-il des perceptions différentes des pré-tests aux post-tests, de la pré-entrevue à la post-entrevue?

Les réponses à ces questions devraient d'abord nous permettre de voir si, avec nos outils, nous arrivons à cerner les diverses perceptions des maîtres et, dans un second temps, de vérifier, puisque nous considérons ici nos sujets témoins, l'influence que nos outils auraient eux-mêmes pu avoir dans une éventuelle évolution de ces perceptions.

Le schéma global des études menées auprès de nos six sujets du groupe expérimental demeure sensiblement le même que celui retenu avec les sujets témoins. Pour chacune de ces personnes, nous nous sommes, au départ, arrêtés à ses réactions au test de correction puis au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires, pour en faire une brève analyse. Nous nous sommes ensuite penchés sur les réponses aux questions de l'entrevue, considérant d'abord, pour chacun des thèmes, la pré-entrevue

puis la post-entrevue en conservant encore ici l'ordre dans lequel les thèmes avaient été abordés avec les sujets témoins.

Suivant notre hypothèse de recherche, certains changements doivent cette fois apparaître entre pré et post-entrevue si le cours expérimental a effectivement induit une évolution des perceptions chez nos sujets expérimentaux. En effet,

- le cours expérimental devrait d'abord permettre de démystifier l'intuition et amener le maître à considérer cette intuition comme première étape importante de l'apprentissage d'une notion. Ainsi devrait-il défendre une approche intuitive prenant appui sur le réel, le vécu de l'enfant, approche où la manipulation, le concret seraient notamment très présents et serviraient de base à la démarche, ce, à tous les niveaux du primaire.

- Ce cours expérimental devrait également amener l'enseignant à percevoir l'habileté, définie en termes de savoir-faire et de procédures, comme une étape dans l'évolution de la compréhension, compréhension qui s'élabore peu à peu, l'enfant devant passer par plusieurs niveaux.

- À la suite du cours, le maître devrait aussi être davantage persuadé du besoin de faire découvrir et faire construire les notions par l'enfant plutôt que simplement vouloir les lui transmettre magistralement sous forme de définitions.

- L'enseignant devrait enfin voir dans l'erreur commise par l'enfant plus qu'une mauvaise réponse à corriger et la considérer comme un élément positif de l'apprentissage. Il devrait manifester davantage le besoin d'interroger l'enfant pour cerner son raisonnement, ce, même lorsque les réponses fournies par celui-ci semblent justes.

À cette liste, il faut aussi ajouter des changements possibles au niveau des réponses et réactions au test de correction et au questionnaire sur la perception des mathématiques: le premier devrait permettre de détecter une certaine décentration de la réponse de l'enfant, une valeur accrue accordée au raisonnement alors qu'en répondant au questionnaire, le maître devrait, au post-test, faire preuve d'une vision plus constructiviste des mathématiques scolaires.

Suivant ce qui a été annoncé à quelques reprises, nous voulons juger des perceptions et conceptions de nos sujets en nous appuyant non simplement sur des indications isolées mais aussi sur les relations qui pourront être relevées entre ces indications, sur les convergences entre les observations tirées des différents morceaux des entrevues ainsi que des tests écrits. Quels liens pouvons-nous légitimement espérer? Il en est plusieurs dont nous donnons ici une liste non exhaustive qui reprend brièvement ce qui a déjà été évoqué dans les chapitres précédents:

- un premier rapprochement pourrait être effectué entre les parties 1 (intuition) et 3 (découverte et définitions) de l'entrevue puisque la reconnaissance du rôle de l'intuition devrait conduire le maître à mettre l'accent sur la découverte par l'enfant, découverte où le concret et la manipulation auront une part importante;

- un deuxième rapprochement naturel pourrait être établi entre les parties 2 (compréhension et habiletés) et 4 (erreur) puisque l'enseignant qui, par exemple, reconnaît l'importance de la compréhension devrait porter une attention très positive aux erreurs de ses élèves et les considérer comme des révélateurs de la pensée de l'enfant. Il devrait aussi manifester une propension à interroger ses élèves pour cerner leur raisonnement même lorsque les réponses fournies paraissent exactes;

- les réponses du maître à ces parties 2 et 4 de l'entrevue ne devraient pas être étrangères à ses réactions au test de correction alors qu'il a à juger et commenter des réponses, exactes ou non, combinées à des raisonnements, tantôt concrets, tantôt erronés ou absents, proposés par des élèves fictifs;

- on pourrait également rapprocher les choix d'énoncés effectués dans le questionnaire, énoncés où il est notamment question de démarche de construction et de savoir-faire, de la partie 2 (compréhension et habiletés) mais aussi de la partie 3 (découverte et définitions) de l'entrevue.

Chacune de ces douze études de cas a demandé beaucoup de temps pour finalement se matérialiser dans un compte rendu d'une trentaine de pages. Il ne nous est guère possible de présenter ici toutes ces analyses sans allonger démesurément le chapitre. Par contre, il nous semble important de bien illustrer comment ces analyses ont été menées car elles constituent une des pièces de résistance de notre travail. Aussi, avant de résumer nos conclusions, présenterons-nous à titre d'exemple, dans les pages qui suivent, l'étude du cas d'Hélène qui appartient au groupe expérimental. Les personnes intéressées par les détails des autres cas étudiés pourront se référer à la thèse qui a servi de base à cet ouvrage.

Sujet expérimental numéro 2: E.06

Hélène est la seconde personne du groupe expérimental à se soumettre à l'entrevue. Elle enseigne en deuxième année.

Le test de correction

Les tableaux 31 et 32 résument les corrections des copies d'élèves effectuées par Hélène dans ce test, respectivement en géométrie et en arithmétique. Nous présentons à chaque fois une brève analyse de ses notes et commentaires.

1. Problème de géométrie

Les notes de Manuelle et de Marc demeurent les mêmes au pré et au post-test: Hélène juge à chaque fois satisfaisantes les explications de Manuelle et reconnaît de même la rectitude du raisonnement de Marc, lui enlevant toutefois deux points pour sa mauvaise réponse. André et Isabelle voient, pour leur part, leurs notes chuter dramatiquement:

- si Hélène semble savoir accordé le bénéfice du doute à André au pré-test tout en lui demandant d'expliquer davantage, elle se montre plus dure au post-test, lui enlevant sept points contre deux au pré-test, pour manque d'explication;

- le changement est plus important encore sur la copie d'Isabelle. Au pré-test, Hélène n'y détecte pas la faute de raisonnement et accorde le maximum, croyant qu'Isabelle a remplacé le produit par une somme. Par contre, au post-test, elle lui met 0, car même si, dit-elle, la réponse "semble" bonne, elle ne l'est pas, émergeant d'une mauvaise solution.

Dans le pré-test, Hélène s'attache au raisonnement de l'enfant dans ses remarques mais ceci ne se traduit pas toujours au niveau des notes attribuées puisque l'absence de raisonnement d'André est, par exemple, à peine pénalisée. Cette attention portée au raisonnement est beaucoup plus grande au post-test, puisque non seulement découvre-t-elle l'erreur d'Isabelle, mais elle se montre aussi beaucoup plus sévère pour André qui perd une bonne part, mais pas tout puisqu'il aurait eu 0 comme Isabelle, du bénéfice du doute dont il a pu profiter au pré-test.

Tableau 31

Correction du problème de géométrie
Sujet expérimental numéro 2: E.06

	MANUELLE	ANDRÉ	MARC	ISABELLE
	Bon raisonnement, bonne réponse.	Réponse seule.	Bon raisonnement, mauvaise réponse.	Mauvais raisonnement, bonne réponse.
	10/10	8/10	8/10	10/10
Pré-test	Elle a donné une explication claire.	Expliquer davantage 3 x 6 = 18. Il a la bonne réponse mais sans explication.	Il a bien saisi mais il a une erreur dans sa réponse.	Elle a bien compris le principe de la multiplication.
	10/10	3/10	8/10	0/10
Post-test	Elle a compris la procédure.	Pour la bonne réponse mais il n'a pas expliqué comment il l'a trouvée.	Il a la procédure. Il sait ce qu'il cherche mais il n'a pas la bonne réponse.	Elle a cherché le périmètre donc elle n'a pas la solution même si elle semble donner la bonne réponse.

2. Problème d'arithmétique

On n'assiste pas ici à des changements de notes importants du pré au post-test comme on en a observé en géométrie. La bonne solution de Nicole est à chaque fois reconnue comme l'a été celle de Manuelle. Sylvain, pour sa part, ne profite aucunement des mêmes chances qu'André: peut-être ce dernier a-t-il obtenu un grand (au pré-test) et un petit (au post-test) bénéfice du doute parce que sa figure montrait qu'au moins il avait compris le problème. La copie de Renée est évaluée à peu près comme l'a été celle de Marc, sa faute de transcription étant toutefois méprise pour une erreur de calcul et se voyant plus fortement pénalisée au post-test. Quant à Jean, il obtient à chaque fois un 0, ses explications étant jugées incomplètes au pré-test alors qu'au post-test, Hélène avoue ne pouvoir cerner sa compréhension du problème.

On voit donc se confirmer ici l'intérêt qu'Hélène manifeste pour le raisonnement, l'exactitude de la réponse lui apparaissant un élément de moindre valeur si elle n'émerge pas d'une solution correcte et complète.

Tableau 32

Correction du problème d'arithmétique
Sujet expérimental numéro 2: E.06

	NICOLE	SYLVAIN	RENÉE	JEAN
	Bon raisonnement, bonne réponse.	Réponse seule.	Bon raisonnement, mauvaise réponse.	Mauvais raisonnement, bonne réponse.
	10/10	0/10	8/10	0/10
Pré-test	Elle a bien exposé le problème, c'est clair.	Je lui retournerais et lui demanderais comment il a trouvé la réponse et de l'expliquer avant de mettre une note.	Elle a bien exposé. Erreur du calcul à la fin.	Il a pris une chance. Expliquer davantage sa réponse.
	10/10	1/10	6/10	0/10
Post-test	Elle a bien saisi le problème.	Seulement pour la réponse mais j'aurais préféré qu'il explique sa procédure. Je ne sais s'il a copié.	Pour les deux premières opérations.	J'ai de la difficulté à savoir ce qu'il a compris. Je ne sais pas ce qu'il cherche.

Le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires

Voici les réponses d'Hélène à ce questionnaire.

Tableau 33

Réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires
Sujet expérimental numéro 2: E.06

Pré-test (maths étudiées)	C	>	B	=	A
	20		5		5
Post-test (maths étudiées)	C	>	B	=	A
	15		10		5
Post-test (maths enseignées)	C	>	B	=	A
	15		10		5

A: mathématiques traditionnelles
B: mathématiques formelles
C: mathématiques constructivistes.

Au pré-test, elle a ajouté le commentaire suivant à sa réponse:

"comme je travaille par intégration des matières, j'essaie de concrétiser ce langage mathématique chez l'enfant de sept ans. Cette approche est beaucoup plus intéressante et plus réalisable selon notre nouvelle programmation. Je tente de favoriser au maximum le groupe C".

Ce commentaire montre que malgré la question posée au pré-test, sa réponse y porte sur les mathématiques qu'elle enseigne maintenant plutôt que sur celles qu'elle a étudiées. Dans ce pré-test, elle utilise les signes > et = et la notation de façon cohérente pour placer la perspective constructiviste loin devant les visions formelles et traditionnelles. Au post-test, le signe d'égalité placé entre B et A laisse un peu songeur lorsqu'on regarde les points attribués. Notons qu'elle semble voir exactement de la même manière les mathématiques qu'elle a étudiées et celles qu'elle enseigne. La vision constructiviste est toujours en première place mais, si l'on se fie aux points, la vision formaliste se détache de la vision traditionnelle au deuxième rang.

L'entrevue

Avant de rapporter et d'analyser les réponses d'Hélène à l'entrevue, précisons que les nombres entre parenthèses dans le texte renvoient aux protocoles disponibles auprès de l'auteur: ainsi le (1.1.4) signifie que ce qui est rapporté a trait à l'intervention 4 de la partie 1.1 (définition/description de l'intuition), soit de la pré-entrevue, soit de la post-entrevue ici considérées.

1. Intuition

1.1 Définition/description de l'intuition

Lors de la pré-entrevue, Hélène trouve l'intuition "difficile à définir, on dirait que ça se sent plus que ça s'explique" (1.1.4). Elle parle de deviner, de sentir ou ressentir les choses sans atteindre la certitude:

"c'est un genre d'appréhension de... quelque chose... comme si tu devinais" (1.1.4), "des fois, c'est quelque chose que tu peux pas affirmer mais tu dis comment se fait-il que tu peux me deviner ça...? ... Je le ressens intuitivement, ... comme si je sentais que ça allait vraiment arriver" (1.1.6). Elle parle ensuite de l'intuition pédagogique du maître dans l'apprentissage comme d'un "petit sens inné" qui l'amène à prévoir ce qui pourra se passer si elle utilise telle ou telle approche avec ses élèves (1.1.12).

Dans la post-entrevue, Hélène fait tout de suite référence au cours expérimental: "au cours, on a parlé de l'intuition mathématique beaucoup chez l'enfant, c'est un peu... quelque chose qui est comme innée en lui..." (1.1.4). La caractéristique dominante de l'intuition semble justement être son existence quasi spontanée, qui vient sans effort ni démarche ou étude: "l'intuition... c'est quelque chose que tu possèdes comme ça, que t'as pas à développer des connaissances ou une compréhension très poussée, c'est quelque chose naturelle en toi" (1.1.4). Elle parle plus loin de l'intuition comme d'une sensation, d'un "feeling" permettant de sentir comment se déroulent les choses (1.1.8) sentiment qui "vient de l'intérieur" (1.1.10).

On peut ici noter une certaine influence du cours suivi en comparant les réponses d'Hélène. Car si, dans la pré-entrevue, elle décrit l'intuition en général et l'intuition pédagogique du maître comme un sentiment permettant de deviner ou prévoir, elle établit, en post-entrevue, un lien entre intuition et connaissance en parlant de l'intuition comme connaissance "naturelle", "innée", qui n'a pas été développée, tout en gardant aussi le sens d'un sentiment intérieur permettant de saisir comment se déroulent les événements.

1.2 Place de l'intuition dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques

Dans la pré-entrevue, Hélène se place du point de vue du maître pour parler de la place de l'intuition dans l'apprentissage et l'enseignement. Elle explique que l'intuition peut aider le maître mais que celui-ci

ne peut toujours fonctionner intuitivement: "des fois, il faut que ça se concrétise... il faut que tu saches... quel objectif tu poursuis et puis si tu l'atteins; ... (l'intuition) des fois ça t'aide à détecter des petites choses chez tes élèves mais... il faut pas que tu travailles juste par intuition, j'ai l'impression qu'il te manquerait des choses des fois" (1.2.2). Elle se trouve à prolonger ses réponses de la partie précédente (1.1) de la pré-entrevue où l'intuition apparaît comme un sentiment un peu flou et incertain. Par la suite, elle explique que l'intuition est peut-être plus importante chez le maître qui travaille avec les petits: "chez les petits, je pense qu'il faut que tu t'en serves... beaucoup" (1.2.4). Quant à l'intuition de l'enfant, elle croit que "c'est utile aussi, ... c'est bon de l'utiliser... pour que ça vienne de leurs besoins à eux aussi, de leurs intérêts", d'où l'importance d'écouter ce que les élèves ont à dire (1.2.8).

Dans la post-entrevue, elle reprend "c'est peut-être intéressant que l'enfant... utilise cette intuition-là, puis il semble que ça réussit, ça l'encourage, ça le stimule" (1.2.4). Elle ouvre ensuite une longue parenthèse pour expliquer qu'en faisant des mini-entrevues avec ses élèves, elle a découvert que plusieurs de ceux-ci, qu'elle croyait moyens ou forts en mathématiques, comprenaient d'une façon "mécanique", s'avérant impuissants à expliquer ensuite leur réponse (1.2.4 et 1.2.6). Dans l'exemple qu'elle donne alors, elle décrit ces enfants qui arrivent à trouver la réponse d'une addition sans pouvoir en donner une représentation concrète et ainsi s'appuyer sur une base intuitive. Elle dit enfin penser que l'intuition, "ça varie sûrement selon les âges. Chez les petits, ils font peut-être plus appel à cette notion-là..." même si, chez les grands, "ça doit se continuer mais... t'as des temps plus forts ou plus faibles" (1.2.8).

Si, dans la pré-entrevue, elle ne parle encore que de l'intuition pédagogique qui permet au maître de mieux comprendre ce qui se passe dans sa classe, en post-entrevue, elle se centre nettement sur l'aspect cognitif. Elle décrit, dans un exemple, des enfants donnant une réponse juste à une addition qu'ils ne peuvent représenter intuitivement et explique, s'appuyant sur cet exemple, que plusieurs élèves, jugés moyens

ou forts, se sont révélés, lors d'une mini-entrevue, n'avoir qu'une compréhension "mécanique" sans pouvoir expliquer ce qu'ils faisaient.

On peut ici noter une influence du cours sur la perception manifestée par Hélène: car la description générale de l'intuition comme sentiment intérieur qui permet de prévoir ou de deviner sans grande certitude, proposée à la pré-entrevue, est remplacée, en post-entrevue, par sa définition comme connaissance spontanée et primitive, c'est-à-dire à la fois première et peu développée, stimulante pour l'élève qui y a recours. Hélène reconnaît de plus explicitement, en évoquant un projet réalisé avec la mini-entrevue dans le cadre du cours expérimental, une place à l'intuition dans la compréhension, cette intuition fournissant à l'enfant une base explicative lui permettant de formuler sa pensée.

2. Compréhension et habiletés

2.1 Importance de la compréhension

Dans ses réponses à la pré-entrevue, Hélène juge la compréhension essentielle car sans elle, les enfants "vont avoir de la difficulté à agir ou à résoudre quelque chose" (2.1.4). Et puis, "si l'enfant ne comprend pas, ... il peut se décourager, dire... moi, je suis faible, ... je suis pas bon..." (2.1.6). C'est pourquoi il importe de l'encourager, surtout dans "les premières années qui sont très importantes", de lui expliquer qu'"à force de faire des erreurs, c'est comme ça qu'on apprend" (2.1.6).

Elle affirme de nouveau l'importance de la compréhension et reconnaît même l'existence de "degrés de compréhension" dans la post-entrevue; cette importance, elle la justifie davantage ici, alors qu'elle décrit la compréhension en termes d'explication: "faut que tu sois capable d'expliquer ce que tu fais... c'est ça la compréhension" (2.1.2), "il faut que tu saches pourquoi tu fais telle chose pis où tu t'en vas; si tu le comprends pas, c'est un peu... mécanique, technique..." (2.1.2). Pourquoi faut-il que l'enfant puisse expliquer? Parce que "nous, le professeur, on est porté à dire... tu l'as ou tu le sais pas..." alors que l'explication de

l'enfant permet de détecter précisément les difficultés et de "faire des correctifs" appropriés "au lieu de toujours recommencer la notion du début à la fin", ce qu'elle illustre d'exemples touchant la notation positionnelle (2.1.6). Elle ajoute plus loin qu'une de ses élèves "fait tout mécaniquement sans rien comprendre" et que déjà elle éprouve des difficultés, difficultés qui vont s'accroître à mesure qu'elle va avancer.

La réponse d'Hélène paraît donc beaucoup mieux articulée dans la post-entrevue: elle y décrit la compréhension, qu'elle distingue à nouveau de la "technique" ou de la "mécanique", en termes de l'explication fournie par l'enfant et reconnaît l'existence de degrés de compréhension. Elle peut alors justifier l'importance qu'elle attribue à cette compréhension en insistant sur le fait que l'explication fournie par l'élève permet au maître de mieux l'aider alors que l'enfant qui travaille sans comprendre a et aura encore plus de difficultés à mesure que ses connaissances devront s'accroître.

2.2 Définition/description de la compréhension

Dans la pré-entrevue, Hélène donne deux descriptions de l'enfant qui a compris: il y a d'abord celui qui réussit à résoudre un problème et "peut même te l'expliquer" (2.2.2). Sa description ici est très nuancée car elle admet que l'enfant peut avoir compris "même s'il fait une erreur en écrivant sa réponse: s'il a compris tout le déroulement, comment procéder, c'est parfait" (2.2.2). Et elle explique aussi que cette compréhension est difficile à évaluer sur papier, surtout que certains enfants peuvent tout réussir dans leur tête, arrivent à tout verbaliser mais ne parviennent pas à coucher cela par écrit (2.2.2). Elle donne l'exemple d'élèves qui, en numération, font preuve d'une excellente compréhension au niveau de la manipulation mais ne peuvent traduire cela correctement dans une grille, un cadre (2.2.4). Sa seconde description prolonge littéralement la première où elle parlait de l'enfant qui réussit à résoudre un problème: l'enfant qui "a compris quelque chose, il peut peut-être déboucher sur plus, en arrivant à résoudre des problèmes, en inventer, à faire des choses plus complexes qui découlent de cette première compréhension" (2.2.6).

Sa réponse est beaucoup moins élaborée dans la post-entrevue: elle revient sur le critère de l'explication dont elle a très rapidement dit un mot dans la pré-entrevue mais qu'elle a mentionné à plusieurs reprises dans les parties précédentes de cette post-entrevue: un enfant a compris "quand il peut me l'expliquer" (2.2.2), ce qu'elle reprend ensuite en parlant de l'élève qui peut "défaire" sa solution, la "décortiquer" (2.2.4).

La description de la compréhension fournie par Hélène est plus complète dans la pré-entrevue: elle y parle de l'enfant qui sait comment résoudre un problème et peut même l'expliquer et note que cet enfant peut souvent exprimer sa compréhension verbalement et dans des manipulations sans toujours parvenir à la traduire par écrit. Elle ajoute aussi comme critère de compréhension la capacité de déborder vers des choses plus complexes. Dans la post-entrevue, elle se borne à parler de la capacité d'expliquer sans guère élaborer sa réponse.

2.3 Définition/description des habiletés

Dans la pré-entrevue, Hélène proclame d'abord l'importance des habiletés: "les habiletés, c'est très très important à évaluer, ... c'est même plus important que les connaissances" (2.3.2). Elle décrit ensuite sa vision générale des habiletés: "c'est ... être capable de faire telle chose, ... c'est arriver à travailler en équipe, ... régler même des conflits..." (2.3.2) ce qu'elle résume en ajoutant: "être capable de vivre avec un groupe et puis avoir suffisamment de moyens pour résoudre telle chose" (2.3.2). Priée, par la suite, de décrire les habiletés plus spécifiquement mathématiques, elle répond: "être capable de manipuler ... des notions mathématiques, de regrouper, d'assimiler, de produire quelque chose ..., de donner une réponse ou d'évaluer, de comparer, d'estimer" (2.3.6). Elle reconnaît ensuite que sa conception des habiletés dépasse celle d'un simple savoir-faire "technique" (2.3.8). Et elle conclut en redisant l'importance des habiletés et en parlant de la répétition dans l'apprentissage des mathématiques: "quand ... t'apprends à l'enfant à additionner, t'es obligé de lui en faire faire cinq cents additions" (2.3.14).

Sa description est davantage centrée sur le savoir-faire à la post-entrevue: "les habiletés, ce serait ... être capable de faire telle chose, ça touche pas nécessairement la compréhension mais ça donne comme des mécanismes pour savoir comment procéder" (2.3.2). Elle distingue alors les connaissances des habiletés en parlant de rétention: "les connaissances, tu peux toujours aller les chercher, c'est des choses qui se perdent tandis que les habiletés, c'est des choses qui restent..." (2.3.2) ajoutant que les habiletés ne sont pas limitées à une discipline particulière, "tu peux les appliquer dans d'autres matières" (2.3.2). Comme habileté mathématique, elle parle de "faire des inférences, ... poser des hypothèses... pis ... aller vérifier" (2.3.4) et conclut que les habiletés, "c'est important dans toutes les matières" (2.3.6).

Si elle propose une vision très large des habiletés, incluant des habiletés sociales aux habiletés cognitives dans la pré-entrevue, Hélène réduit davantage le champ des habiletés aux savoir-faire dans la post-entrevue et y oppose ces savoir-faire aux connaissances en parlant de rétention, les savoir-faire étant ce qui reste plus facilement en mémoire à ses yeux. Notons aussi la place qu'elle semble accorder, en pré-entrevue, à la répétition dans l'apprentissage des opérations comme l'addition.

2.4 Rapports entre habiletés et compréhension

Dans la pré-entrevue, Hélène distingue habiletés et compréhension en s'attachant à la capacité d'utiliser les notions: "tu peux avoir compris pis pas être capable de l'appliquer... Tu peux l'avoir saisi mais, à force de répétitions et d'expériences ... tu développes les habiletés davantage (2.4.4). Puis elle explique pourquoi elle "privilégie le développement des habiletés à la compréhension" (2.4.6) en disant que "c'est plus intéressant, ... plus motivant ... que juste vérifier des compréhensions, c'est ça ou c'est pas ça..." (2.4.8). Elle ajoute qu'avec "des habiletés, on va ... plus loin, c'est plus enrichissant, tu es en confrontation puis t'es devant d'autres choses qui viennent en interaction" (2.4.8), semblant ici s'appuyer encore sur sa vision très large des habiletés décrite dans la partie précédente de cette pré-entrevue.

Dans la post-entrevue, elle lie davantage habiletés et compréhension: "me semble que ça se touche de près: si tu comprends bien... tu vas développer mieux tes habiletés, tu vas devenir encore de plus en plus habile, tu vas pouvoir expliquer comment tu procèdes..." (2.4.2), capacité d'expliquer qui est, rappelons-le, la principale manifestation de la compréhension à ses yeux. Priée ensuite de comparer l'importance respective des habiletés et de la compréhension, elle répond simplement: "j'accorde beaucoup d'importance à développer des habiletés" (2.4.6).

On observe ici peu de différence entre les deux réponses, si ce n'est qu'Hélène établit un lien plus étroit entre le développement des habiletés et la compréhension dans la post-entrevue. Dans les deux cas, elle dit, par ailleurs, accorder beaucoup d'importance aux habiletés et parle de nouveau, en post-entrevue, de la répétition pour l'acquisition de ces habiletés.

L'ensemble des réponses d'Hélène à cette deuxième partie de l'entrevue révèle une pensée qui, dès le départ, s'avère souvent nuancée. Car si, en pré-entrevue, elle semble d'abord réduire la compréhension à la capacité de résoudre, elle explique en même temps qu'un enfant peut avoir compris sans arriver à la réponse, que sa compréhension est difficile à juger en considérant le seul travail écrit et qu'il faut donc faire verbaliser les élèves. Par contre, elle propose une vision plutôt manichéenne de cette compréhension qui, dit-elle, s'évalue en termes de "c'est ça ou c'est pas ça" (2.4) ce qui l'amène à juger les habiletés plus intéressantes à développer. Ces habiletés demeurent toujours importantes à ses yeux lors de la post-entrevue mais elle les définit plus en termes de simples savoir-faire mécaniques et lie davantage leur développement à la compréhension sans les assimiler à celle-ci. C'est surtout dans sa description de la compréhension que l'on perçoit l'influence du cours: elle la définit maintenant davantage en termes de l'explication de l'enfant, la distinguant très clairement de ce qui est mécanique et technique, et, parlant de l'existence de "degrés de compréhension", précise que l'explication de l'enfant permet de sortir du "tu l'as ou tu le sais pas" pour vraiment aider cet enfant à régler d'éventuelles difficultés.

3. Découverte et définitions

3.1 Enseignement par la découverte

Dans la pré-entrevue, Hélène estime important de faire découvrir l'enfant: "s'il découvre, c'est comme ça qu'il va le retenir, bien plus que si tu lui dis" (3.1.2). Elle précise plusieurs des éléments d'une démarche susceptible d'assurer une meilleure rétention chez l'élève: "je crois beaucoup à la manipulation..., puis à la découverte, puis au raisonnement puis à la logique avant d'arriver puis dire, ça c'est la conclusion" (3.1.2). Une telle démarche n'est jamais inutile: "c'est jamais une perte de temps quand une activité dure plus longtemps que toi t'as prévu, c'est tout le temps plus sûr..." (3.1.6). Et elle conclut: "à tous les degrés faut que tu les laisses découvrir, ... à tous les degrés de l'élémentaire puis même du secondaire puis encore... à l'université" (3.1.8).

Ses convictions sont aussi fermes lors de la post-entrevue: la découverte, "c'est la meilleure façon de l'apprendre" (3.1.4) et elle insiste aussitôt sur l'importance de la manipulation: "chez les petits, ... si tu commences pas par du concret pis de la manipulation, ... il y a rien qui passe..." (3.1.4). Elle poursuit en précisant que l'on s'habitue vite à une telle approche au point qu'il n'est plus possible de "leur arriver avec une notion comme ça... abstraite ou écrite au tableau, faut absolument... que t'aies une activité de manipulation avant" (3.1.4). Une telle approche aide l'enfant à se souvenir et, ajoute-t-elle, même nous adultes, lorsque l'on peut faire l'expérience de quelque chose, "on s'en souvient ben plus que si le professeur est en avant pis il parle" (3.1.4). Elle revient sur cette question de rétention en discutant de la question temps: une telle démarche, dit-elle, même si elle exige du temps, "vaut la peine... parce que ça reste davantage, fait que c'est pas une perte de temps" (3..1.14). Quant à l'importance à lui accorder selon les niveaux du primaire, elle regrette qu'elle varie dans la pratique: "au second cycle, ça se perd pis ça devrait se poursuivre, ... on pense, parce qu'ils sont grands, qu'on devrait passer tout de suite à l'abstrait pis ça je pense que c'est une erreur..." (3.1.6).

Hélène se montre, dans la pré comme dans la post-entrevue, bien persuadée de l'importance de la découverte, de la manipulation dans l'apprentissage, découverte et manipulation qui assurent une meilleure rétention des concepts et notions. Une telle approche ne prend jamais trop de temps à son avis et devrait être utilisée tout au long du primaire.

3.2 Enseignement par définitions

À la pré-entrevue, Hélène affirme ne pouvoir croire à un enseignement s'appuyant sur des définitions: "je pense que ça se fait pas ça, donner une définition puis dire c'est comme ça que ça se passe... j'essaie de rendre ça toujours concret..." (3.2.2). Elle avait d'abord précisé qu'elle travaille avec des petits mais ajoute que les grands, comme ces petits, "si tu leur donnes des définitions..., ils vont essayer de contester ta définition... faut... tu le concrétises, tu le visualises..." (3.2.6). "C'est contre bon sens d'arriver avec des définitions toutes faites sans qu'ils le comprennent" (3.2.8). Et, en conclusion, elle insiste de nouveau sur l'importance de la manipulation (3.2.16).

À la post-entrevue, Hélène se montre peut-être un peu moins catégorique dans ses affirmations mais dit toujours ne pouvoir croire à l'enseignement à l'aide de définitions: "... enseigner comme ça là, carrément au tableau? ... c'est pas trop mon style, ... je dirais non..." (3.2.2). Et elle ajoute plus loin que même au secondaire, "avec des formules" une telle présentation lui semblerait mal venue car que "les enfants (sachent) d'où elle sort cette formule là, ce serait peut-être important" (3.2.4). Et elle conclut que peut-être en "quatrième, cinquième ou sixième tu peux t'en servir davantage du tableau... mais ... on s'en sert quand même chez les petits ... mais à la dernière, ... quatrième phase...", faisant ici allusion au quatrième niveau de compréhension, la compréhension formelle (3.2.8).

Dans la pré-entrevue, Hélène rejette, pour tous les niveaux, la définition comme mode de présentation des notions, insistant sur le concret, la manipulation. Dans la post-entrevue, elle est moins

catégorique mais insiste toujours pour que les élèves sachent d'où provient la définition qu'on leur présente.

Les convictions d'Hélène touchant le rôle de la découverte et des définitions demeurent donc essentiellement identiques à la pré et à la post-entrevue. Elle défend à chaque fois l'importance de faire découvrir en insistant sur la manipulation, le concret, cette approche assurant notamment une meilleure rétention des concepts et notions que si l'on se contente de les transmettre aux élèves sous forme de définitions.

4. L'erreur

4.1 Rôle et place de l'erreur

Dans la pré-entrevue, Hélène explique qu'elle cherche à ne pas dramatiser l'erreur car "c'est en faisant des erreurs qu'on apprend" (4.1.2). Aussi, plutôt que de mettre un accent trop public sur les difficultés éprouvées par l'enfant, elle ira le voir, parler avec lui, ce qui fait plaisir à cet enfant et permet en même temps un réajustement de son enseignement (4.1.2). L'erreur, pense-t-elle, peut nous renseigner sur le raisonnement de l'enfant si l'on se donne la peine de parler avec lui, de lui faire expliquer son travail. C'est ainsi qu'elle s'est rendue compte que tel enfant comprenait la valeur positionnelle tout en ayant des problèmes de latéralité au niveau de l'écriture (4.1.4). Qu'une bonne réponse émerge d'un mauvais raisonnement, c'est possible, "ça peut être un hasard" (4.1.6) pense-t-elle et de détecter une telle situation "il y a des fois, c'est difficile" (4.1.8). Et elle conclut: "je pense que l'idéal, c'est de demander (à l'enfant)... parce que moi, je suis certaine qu'on a déjà fait des tests pis on a marqué la bonne réponse pis on raisonnait tout croche" (4.1.8).

Les réponses d'Hélène à la post-entrevue, sont tout à fait analogues: "j'accroche pas d'importance... (à) l'erreur comme étant quelque chose d'épouvantable... ce qui est important, c'est de savoir pourquoi (l'enfant) est arrivé là", d'où ses demandes d'explications à l'enfant (4.1.4). Parfois dit-elle, le cheminement est bon, le raisonnement bien compris

mais, surtout chez les petits, à cause d'un certain désordre sur la copie ou d'un petit oubli, la réponse est inexacte (4.1.4). Elle croit toujours qu'une erreur renseigne sur la pensée de l'enfant: "si tu lui demandes de l'expliquer... t'as toute la clef du déroulement", dit-elle (4.1.8) et elle redonne l'exemple de l'enfant qui comprend bien la numération sans parvenir à rendre convenablement compte de ce qu'il fait par écrit (4.1.8). Un mauvais raisonnement peut "par hasard" conduire à une bonne réponse dit-elle encore en faisant allusion au test de correction, ce qui peut être difficile à détecter: "il faut absolument que tu vérifies, tu lui demandes qu'est-ce... qu'il comprend, ... la façon idéale, c'est de lui demander" (4.1.12).

La pensée d'Hélène sur l'erreur n'a pas été modifiée par le cours expérimental. Dans les deux cas, elle explique qu'elle ne dramatise pas les erreurs mais qu'il est important de les comprendre et, pour cela, d'interroger l'enfant; car son erreur peut en être une de compréhension ou simplement traduire un problème plus superficiel, au plan de l'écriture par exemple. C'est d'ailleurs par les demandes d'explications qu'elle provoque que l'erreur devient occasion pour le maître, de se renseigner sur la pensée de l'enfant. Et ces demandes d'explications sont d'autant nécessaires qu'elles sont la seule manière de détecter un mauvais raisonnement caché, par hasard, derrière une bonne réponse.

Résumé-conclusion

1. Perception des mathématiques et de l'enseignement/apprentissage en mathématiques

Voici les éléments importants à retenir de l'ensemble des réponses et réactions d'Hélène aux tests et entrevues, éléments desquels nous dégagerons ensuite des tendances pour mettre en évidence les changements de perception qui ont pu intervenir chez cette enseignante à la suite du cours expérimental.

1.1 Raisonnement versus réponse (test de correction)

Dans le test de correction, Hélène s'attache avant tout au raisonnement de l'enfant au niveau de ses commentaires et considère l'exactitude de la réponse comme un élément plus secondaire, particulièrement au post-test où celle-ci ne signifie rien à ses yeux si elle n'émerge d'une solution acceptable.

1.2 Perception des mathématiques scolaires (questionnaire)

Une remarque montre qu'au pré-test, Hélène choisit les énoncés en fonction de sa vision actuelle des mathématiques. Au post-test, elle semble juger de la même façon les mathématiques qu'elle a étudiées et celles qu'elle enseigne. Dans les deux cas, pré et post-test, elle place en tête les mathématiques constructivistes. Les mathématiques formelles et traditionnelles se retrouvent à égalité à un lointain second rang au pré-test, la vision formelle prenant le pas sur la vision traditionnelle au deuxième rang au post-test.

1.3 Conception de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques (entrevue)

Nous résumons ici les réponses d'Hélène à l'entrevue, consacrant un paragraphe à chacun des thèmes abordés.

- Dans la partie de l'entrevue portant sur l'intuition, Hélène joint à l'idée d'un sentiment intérieur permettant de deviner ou prévoir sans grande certitude proposée en pré-entrevue, celle de connaissance spontanée et primitive lors de la post-entrevue. Elle reconnaît alors explicitement l'influence du cours sur sa vision de l'intuition. Toujours en post-entrevue, elle explique, dans une parenthèse sur l'évaluation, qu'elle a été surprise de trouver chez plusieurs élèves une "compréhension mécanique" qui ne prenait appui sur aucune base

intuitive de sorte que ces élèves ne pouvaient expliquer leurs réponses.

- Cette capacité d'expliquer est déjà quelque peu présente dans sa première description de la compréhension pour en devenir la caractéristique principale dans la post-entrevue. En pré-entrevue, c'est d'abord la capacité de résoudre qui lui sert à décrire cette compréhension mais elle ajoute aussitôt qu'un élève peut comprendre sans arriver à la réponse, que sa compréhension est souvent difficile à évaluer d'après ses solutions écrites et qu'il faut donc permettre aux enfants de verbaliser leur pensée. Elle propose en même temps une vision très large des habiletés, dépassant celle de savoir-faire techniques. Elle juge enfin ces habiletés, qui se développent par la répétition, plus intéressantes à élaborer et à juger que la compréhension qui s'évalue dit-elle, en termes de "c'est ça ou c'est pas ça". Dans la post-entrevue, elle proclame de nouveau l'importance très grande qu'elle accorde aux habiletés mais propose une description plus limitée de celles-ci en termes de savoir-faire mécaniques bien distincts de la compréhension même si cette compréhension en facilite le développement. L'explication de l'enfant devient cette fois une véritable caractéristique de la compréhension, permettant au maître de sortir enfin du "tu l'as ou tu le sais pas" pour mieux cerner les difficultés de l'enfant et l'aider à s'en sortir, dit-elle, alors qu'elle reconnaît explicitement l'existence de "degrés de compréhension".

- Dans la troisième partie de l'entrevue, elle proclame autant dans la pre que dans la post-entrevue, l'importance qu'elle accorde à la découverte dans la démarche d'apprentissage: elle voit cette approche comme la meilleure façon d'apprendre à tous les niveaux, celle qui assure la meilleure rétention et elle insiste en particulier sur le besoin de manipulation, de concret, de visuel. Dans la pré-entrevue, elle

rejette tout enseignement s'appuyant sur des définitions qui, pense-t-elle, ne saurait respecter ces besoins, alors que dans la post-entrevue, elle entrevoit peut-être quelques possibilités pour un enseignement plus magistral "au tableau" au second cycle, sans toutefois paraître très convaincue.

- Dans la dernière partie enfin, Hélène affirme en pré comme en post-entrevue, ne pas dramatiser l'erreur mais y voir plutôt une occasion de parler avec l'enfant afin d'en comprendre la nature, distinguant alors l'erreur de raisonnement de difficultés au niveau de l'écriture par exemple. Elle voit d'ailleurs cette erreur comme une occasion qui doit porter le maître à discuter avec l'enfant, discussion qui le renseignera vraiment sur la pensée de cet enfant. Ce sont aussi de telles discussions qui permettront au maître de détecter les mauvais raisonnements qui pourraient éventuellement se dissimuler derrière de bonnes réponses.

2. Évolution des perceptions

Avant de parler des changements intervenus dans la pensée d'Hélène, notons d'abord que, sur plusieurs points, il y avait chez elle peu de place pour une évolution majeure puisque, dès le départ, avant le cours expérimental, elle a fait preuve de certaines perceptions déjà très constructivistes et défendu de même plusieurs positions que le cours devait l'amener à adopter:

- nous en voulons, comme premier exemple, sa reconnaissance de la nécessité de faire découvrir et de faire construire les notions et concepts par les enfants. Dans la partie 3 de l'entrevue, elle soutient avec vigueur une approche intuitive de ces notions et concepts s'appuyant sur le vécu de l'enfant, sur le concret et la manipulation, approche essentielle puisqu'elle ne croit pas que les connaissances puissent être transmises à l'aide de définitions;

- cette préférence est confirmée par son choix, dans le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires, du groupe d'énoncés C, les mathématiques vues comme démarche de construction, où il est notamment question de construction de règles et de formules à partir du réel, du concret;

- elle se montre enfin également convaincue, dès le départ, de l'importance positive de l'erreur dans l'apprentissage et affirme en plusieurs endroits le besoin d'interroger l'enfant, ce, même lorsque les réponses fournies par celui-ci semblent exactes. Ces réactions sont confirmées en plusieurs endroits de la pré-entrevue, notamment dans la partie 2.2 où elle explique qu'un enfant peut très bien avoir compris même s'il présente une mauvaise réponse et dans la partie 4.1 dans laquelle elle évoque ces examens où les réponses sont parfois justes malgré des raisonnements tout "croches".

Sur d'autres points, elle s'est par contre révélée plutôt traditionnelle: cela est particulièrement évident dans son discours sur les habiletés qu'elle considère, en pré-entrevue, comme les éléments à la fois les plus intéressants et les plus importants à développer chez ses élèves. Il est vrai qu'elle propose à ce moment une vision très large de ces habiletés, y incluant même des comportements sociaux. Sur ce plan, on aurait légitimement pu s'attendre à une évolution majeure provoquée par le cours expérimental, évolution dont on ne relève cependant guère de traces: à la post-entrevue, Hélène présente une vision peut-être plus réduite de ces habiletés, les définissant davantage comme des savoir-faire, mais défend toujours leur grande importance, sans cependant aller jusqu'à affirmer, comme en pré-entrevue, que cette importance dépasse celle de la compréhension. Notons au passage que tout ceci contredit d'une certaine façon une partie de ses réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires où la perspective traditionnelle, les mathématiques considérées comme savoir-faire, est, au pré comme au post-test, reléguée en dernière place.

Néanmoins, des changements témoignent d'une certaine influence du cours sur les perceptions manifestées par Hélène.

- Ainsi, dans la première partie où elle décrit l'intuition, elle ajoute à la définition générale de cette intuition, comme sentiment intérieur permettant de deviner ou prévoir, donnée à la pré-entrevue, sa description comme connaissance spontanée et primitive, qui vient sans effort, primitive étant alors entendu dans le double sens de première et de peu élaborée. Cette description correspond à ce que l'on retrouve dans le modèle constructiviste. Rappelons toutefois que dès la pré-entrevue, elle privilégie, sans employer le terme, une démarche intuitive, notamment dans la partie 3, où elle défend l'approche par la découverte s'appuyant sur le concret et la manipulation.

- Un autre changement apparaît dans le test de correction. Non pas tellement au niveau des remarques et commentaires qu'Hélène y fait puisque ceux-ci se ressemblent bien souvent du pré au post-test et portent tous sur le raisonnement de l'élève, mais plutôt au niveau de certaines des notes attribuées, celle d'André notamment à qui elle n'accorde plus le même bénéfice du doute au post-test. Cette réaction peut d'ailleurs s'expliquer par le choc qu'elle raconte avoir éprouvé lors de mini-entrevues menées auprès de ses élèves jugés moyens ou forts, ceux-ci s'étant avérés n'avoir qu'une compréhension mécanique leur permettant de résoudre des problèmes mais ne pouvoir expliquer leurs solutions.

- Cette surprise avouée, dans une parenthèse spontanée en 1.2 de la post-entrevue, après tout ce qu'elle dit en pré-entrevue, que ce soit dans la partie 2.2 sur la compréhension ou en 4, lorsqu'elle parle de l'erreur, de la nécessité de faire verbaliser les enfants et de dépasser leurs réponses vers les raisonnements qui les sous-tendent, montre que ses

interrogations précédentes étaient loin d'aller en profondeur ou alors, de s'étendre à l'ensemble de ses élèves moyens ou forts.

- Cette surprise et, plus globalement, l'expérience vécue avec la mini-entrevue explique peut-être le changement intervenu au niveau même de la définition qu'Hélène donne de la compréhension: car le critère principal lui servant à décrire cette compréhension, qui était la "capacité de résoudre" en pré-entrevue, devient très clairement la "capacité d'expliquer" en post-entrevue. Bien sûr parlait-t-elle déjà de l'importance de la verbalisation qui permet d'aller voir derrière les réponses des enfants en pré-entrevue, mais elle avait alors une perception très dichotomique, "c'est ça ou c'est pas ça", de la compréhension alors qu'en post-entrevue, non seulement définit-elle la compréhension en s'appuyant directement sur l'explication de l'enfant mais elle reconnaît l'existence de "degrés de compréhension" et affirme que cette façon de voir la compréhension en termes d'explication permet justement au maître de sortir du trop simpliste "tu l'as ou tu le sais pas".

- C'est enfin dans cette post-entrevue qu'Hélène distingue très nettement la compréhension du fonctionnement mécanique. Elle ajoute aussi, en 2.1, qu'un tel fonctionnement mécanique ne saurait assurer le progrès des connaissances, les enfants s'appuyant là-dessus éprouvant des difficultés qui, dit-elle, iront en s'accroissant.

Le cours a donc provoqué certains changements dans la pensée d'Hélène, dans sa façon de voir quelques-uns des éléments dont l'importance n'est certes pas négligeable dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Conclusion sur les études de cas

Dans les pages qui suivent, nous allons considérer globalement l'ensemble des observations consignées lors de nos douze études de cas afin d'en dégager les principales conclusions. Nous allons d'abord nous arrêter aux sujets témoins pour ensuite poursuivre avec les sujets expérimentaux, comparant les grandes tendances que nous avons relevées au niveau des perceptions et conceptions de ces maîtres et l'évolution de ces tendances dans chacun des groupes.

1. Les six sujets témoins

Deux questions ont dominé les analyses des réponses des sujets témoins:

- quelles perceptions ont ces enseignantes des mathématiques et de l'enseignement/apprentissage en mathématiques?

- Y a-t-il évolution de ces perceptions et si oui, cette évolution a-t-elle été provoquée par les tests et entrevue?

Le but poursuivi en cherchant réponse à ces questions était et demeure double:

- vérifier l'efficacité des outils pour évaluer les perceptions et conceptions des maîtres;

- nous munir d'un point de comparaison pour juger des perceptions des sujets expérimentaux et de leur évolution.

À la première question, celle touchant la perception des sujets témoins, on peut donner une réponse globale: cinq des six enseignantes interrogées, Marjolaine, Micheline, Françoise, Louise et Miche Line (en deux mots), ont manifesté des tendances avant tout constructivistes alors que la sixième, Lise, s'est révélée nettement plus traditionnelle. Et comme les

réponses fournies par ces personnes présentent de multiples traits communs, il s'avère possible d'en résumer les principales caractéristiques dans les paragraphes qui suivent, les deux premiers portant sur les tests, alors que chacun des quatre autres traite de l'un des grands thèmes de l'entrevue. Cette caractérisation des réponses est rendue d'autant plus facile que l'on a observé fort peu de différences entre ce qui a été obtenu des pré-tests et de la pré-entrevue et ce qui est ressorti des post-tests et de la post-entrevue: ce résultat est d'ailleurs rassurant pour qui s'inquiéterait d'une éventuelle trop forte influence des outils d'évaluation sur la pensée des personnes interrogées.

Dans le test de correction, qu'il s'agisse du pré ou du post-test, chacune des six enseignantes a attaché une importance très grande aux raisonnements présentés par les enfants, l'exactitude de la réponse occupant une place plus secondaire dans ses préoccupations. Dans l'ensemble, on relève très peu de variations dans les points accordés, ce, que l'on établisse une comparaison entre le pré-test et le post-test, ou encore entre le problème d'arithmétique et celui de géométrie. Ajoutons que cette description vaut également pour les corrections effectuées par Lise: de fait, c'est plutôt Miche Line qui se distingue ici de ses collègues puisque l'on observe des variations parfois erratiques en comparant les notes qu'elle attribue au pré et au post-test, variations qui surprennent d'autant plus que la teneur des commentaires accompagnant ces notes n'a pas tellement changé. Il y a aussi certains changements dans les notes attribuées par Françoise mais ces changements ne sont certes pas aussi importants que ceux relevés chez Miche Line et s'expliquent par l'attention très pointilleuse que cette enseignante porte à la façon dont l'enfant présente sa solution, attention pointilleuse qui se traduit par une réaction plus ou moins sévère au chapitre des points. Il est clair dans ce dernier cas, que les variations des notes ne traduisent pas de changement dans l'attention portée à la réponse et au raisonnement respectivement. Et, nonobstant ces cas de Miche Line et de Françoise, nous pouvons retenir de tout ceci la cohérence dans les corrections des deux problèmes et l'absence de déplacement de l'attention des maîtres de la réponse vers le raisonnement ou du raisonnement vers la réponse.

L'analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires s'est révélée plus délicate et les conclusions que l'on peut en tirer demeurent incertaines: comme cela a déjà été noté dans l'étude globale de ce questionnaire, des problèmes imprévus sont apparus comme ces contradictions, dans les réponses des enseignantes, entre l'utilisation des signes > et = et les points attribués aux groupes d'énoncés, contradictions qui rendent difficiles l'interprétation de ces réponses. Dans la plupart des cas, l'entrevue vient confirmer que ce sont les points qu'il faut considérer plutôt que la première hiérarchisation à l'aide des symboles > et =, mais dans d'autres cas, cette attribution de points se voit infirmée par les réponses de l'entrevue: ainsi, au post-test, Micheline juge d'abord traditionnelles les mathématiques qu'elle enseigne alors que tout le reste de l'étude de son cas révèle qu'elle est une enseignante aux tendances très constructivistes. Si ce test peut, pour certains sujets, fournir des indications valables, sa fiabilité n'est pas suffisante pour que nous dégagions ici des caractéristiques générales des perceptions manifestées par nos enseignantes. Car ces indications doivent être considérées avec prudence et n'ont guère de valeur par elles-mêmes, si on les coupe des autres sources d'évaluation qui permettent de les mieux juger.

L'intuition est parfois présentée de façon générale, en termes de deviner et prévoir comme chez Marjolaine ou Louise, cette dernière s'attachant plus particulièrement à l'intuition pédagogique manifestée par le maître: mais chez les quatre autres enseignantes, cette intuition est davantage décrite en relation avec l'apprentissage fait par les enfants: ces enseignantes parlent d'instinct et de découverte tâtonnante, certaines comme Françoise ou Miche Line l'associant même explicitement à l'observation et/ou la manipulation concrète. Il faut, par ailleurs, remarquer que plus loin, dans la troisième partie de l'entrevue portant sur la découverte et les définitions, trois des enseignantes, Micheline, Françoise et Louise, vont, sans employer le terme, défendre une approche très intuitive des concepts mathématiques, proposant un enseignement où manipulation et concret doivent jouer un rôle à leurs yeux primordial.

Les six enseignantes insistent sur l'importance de la compréhension qu'elles décrivent le plus souvent en termes de l'explication fournie par l'enfant, critère auquel Marjolaine, Louise et Miche Line ajoutent celui de la capacité d'effectuer un transfert. Seule Lise se distingue ici de ses collègues: comprendre, pour elle, c'est "intégrer", "appliquer", "retenir". L'idée que ces enseignantes se font des habiletés demeure, par contre, plutôt vague et générale: seules Micheline et Françoise parlent avec précision de facilité ou d'aisance à faire quelque chose. La majorité accorde cependant une importance dominante à la compréhension tout en affirmant ne pas vouloir négliger les habiletés, ce, quelle que soit la définition retenue par celles-ci.

Les six sujets témoins reconnaissent le grand intérêt et le caractère fructueux d'une approche par la découverte et rejettent, comme moins efficace, une approche s'appuyant sur des définitions: Miche Line parlera des définitions comme d'un pis-aller, Françoise les voit comme un aboutissement de la démarche d'apprentissage, démarche dans laquelle, affirme Louise, les enfants ont besoin de manipuler. Notons toutefois qu'à la pré-entrevue, cette même Louise a émis plusieurs objections au recours à la découverte, objections qui sont disparues au post-test. De nouveau, Lise se distingue de ses collègues car tout en reconnaissant, à la pré comme à la post-entrevue, le caractère "idéal" d'une approche par la découverte, elle avoue ne pas y avoir recours et se cantonner dans une présentation traditionnelle et magistrale des concepts et notions mathématiques.

Les six enseignantes s'accordent pour reconnaître que l'erreur est non seulement normale mais qu'elle s'avère aussi utile, permettant, en servant elle-même de révélateur ou encore en suscitant des démarches d'explications de la part du maître, à celui-ci de mieux cerner la pensée de ses élèves et d'être ainsi mieux en mesure de les aider. Toutes ne sont pas d'accord pour admettre qu'une bonne réponse puisse émerger d'un mauvais raisonnement mais si ce phénomène se produit, Miche Line et Lise expliquent qu'on peut s'en rendre compte en regardant la solution détaillée de l'enfant, alors que les quatre autres suggèrent plutôt de lui demander

verbalement des explications. Il n'y a cependant que Louise qui déclare exiger systématiquement de telles explications, Marjolaine reconnaissant, pour sa part, n'interroger que les plus faibles.

Déjà, ainsi que nous l'avons noté, l'ensemble de ces observations nous permet de conclure au caractère très constructiviste des tendances relevées chez au moins cinq de nos six sujets témoins: il n'est qu'à considérer l'attention accordée au raisonnement lors du test de correction, l'importance attachée à la compréhension, les convictions bien arrêtées sur le caractère fructueux d'une approche par la découverte et le rejet de la définition comme moyen d'aborder les concepts mathématiques ou encore le rôle normal et utile attribué à l'erreur pour s'en laisser aisément convaincre. Et cette conviction se voit renforcée lorsque l'on remarque les convergences entre ces observations qui viennent s'appuyer mutuellement pour former un tout cohérent: ainsi, les réflexions sur l'erreur expliquent parfaitement les réactions au test de correction et l'attention portée au raisonnement dans ce test confirme l'importance reconnue à la compréhension, laquelle compréhension se manifeste avant tout par les explications des enfants, disent nos sujets en entrevue. De même, la place importante attribuée à l'intuition décrite en termes d'instinct, de "recherche tâtonnante" par quatre des enseignantes est corroborée par leurs préférences pour la découverte comme façon d'aborder les notions.

Seule Lise se révèle nettement plus traditionnelle: elle décrit peut-être l'intuition comme une première étape de recherche et de découverte s'appuyant sur l'observation mais n'arrive pas, de son aveu même, à lui faire une place dans l'apprentissage des mathématiques. Pas plus qu'elle ne laisse de place à la découverte malgré le caractère idéal qu'elle reconnaît à cette approche. Remarquons tout de même l'attention qu'elle accorde au raisonnement dans le test de correction et son attitude positive face aux erreurs de ses élèves, de même que l'importance qu'elle dit reconnaître à la compréhension; elle décrit cependant cette compréhension en termes de capacité d'appliquer, de retenir, vision certes plus traditionnelle que constructiviste.

Au chapitre des changements, nous avons déjà noté que ceux-ci sont rares et demeurent des phénomènes très isolés chez nos sujets témoins: en effet, on ne relève aucune évolution majeure chez elles mais tout au plus un certain nombre de différences entre leurs réponses des pré-tests et de la pré-entrevue et celles fournies aux post-tests et à la post-entrevue. Seules deux exceptions méritent que l'on s'y arrête:

- il y a d'abord Louise qui semble modifier son opinion sur l'approche par la découverte: toutes les objections pratiques qu'elle soulève en pré-entrevue sont transformées en arguments en faveur de cette approche lors de la post-entrevue. Cette évolution peut cependant s'expliquer par le fait qu'à son aveu maintes fois répété, elle faisait face, cette année-là, à un groupe d'élèves particulièrement difficile qui lui compliquait sans cesse la tâche. La post-entrevue a été enregistrée une fois l'année achevée, d'où un point de vue différent, le souvenir des multiples tracas quotidiens s'étant quelque peu dissipé;

- Lise, pour sa part, bouleverse complètement l'ordre des groupes d'énoncés dans ses réponses au questionnaire sur les mathématiques scolaires, bouleversement qui semble, si l'on en croit les multiples allusions qu'elle fait là-dessus en post-entrevue, correspondre à une prise de conscience du caractère très traditionnel de sa perception des mathématiques et de son enseignement de cette discipline. Il faut cependant noter que, de son aveu même, cette prise de conscience ne s'est accompagnée d'aucune évolution de sa pratique. Tout au plus, reconnaît-elle qu'un changement à ce chapitre ne serait pas un mal...

Pour le reste, il y a bien Marjolaine qui ajoute quelques critères nouveaux à sa description de la compréhension (trouver un nouveau procédé, aller plus loin), Françoise qui présente un peu différemment les liens entre la compréhension et les habiletés, Miche Line qui justifie de façon nouvelle

l'importance qu'elle accorde à la compréhension (sans compter les variations plutôt erratiques des notes attribuées dans le test de correction) mais toutes ces différences demeurent des éléments isolés, ne se voyant en aucun moment confirmées par d'autres changements qui iraient dans le même sens. Nos sujets sont donc bien demeurés les mêmes qu'au départ, leurs réponses et réactions finales s'avérant à très peu de choses près, identiques à ce qu'elles étaient initialement: nonobstant une prise de conscience qui demeure bien superficielle, Lise est demeurée très traditionnelle alors que les autres se montrent ni plus ni moins constructivistes après avoir été soumises aux tests et entrevue qu'avant.

Nous pouvons donc conclure de tout ceci que nos outils ne paraissent avoir provoqué par eux-mêmes aucune évolution majeure, si ce n'est la fragile prise de conscience évoquée chez Lise, le changement observé chez Louise semblant s'expliquer davantage par une question de contexte que par une modification en profondeur de la pensée de cette enseignante. Par contre, ces outils nous ont permis de cerner raisonnablement bien les perceptions des personnes interrogées, ce malgré les faiblesses du questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires où les réponses se sont avérées difficiles à interpréter.

2. Les six sujets expérimentaux

Si les changements observés chez les sujets témoins sont demeurés rares et isolés, nous nous attendions à autre chose chez les sujets tirés du groupe expérimental: suivant les hypothèses de ce travail, le cours s'appuyant sur le modèle de compréhension devait amener le maître à se décentrer des réponses de ses élèves pour s'attacher davantage à leur raisonnement et provoquer chez lui une évolution vers une perception plus constructiviste des mathématiques et de l'apprentissage de cette discipline. Cette évolution pouvait se traduire de diverses façons: reconnaissance du sens et du rôle de l'intuition, reconnaissance aussi de la place des habiletés dans une vision renouvelée de la compréhension et de son développement par niveaux, importance accrue accordée à une approche par la découverte et vision plus positive de l'erreur. La question à laquelle

il nous faut ici répondre est la question centrale de la thèse: cette évolution attendue à la suite du cours expérimental est-elle apparue et si oui, comment s'est-elle manifestée? Le groupe témoin nous fournit ici un précieux point de comparaison.

Une première remarque s'impose d'abord: notre groupe de six sujets expérimentaux retenus pour les études de cas s'est avéré être, au plan des convictions de départ, très semblable à celui des six sujets témoins puisque le hasard a voulu que tous deux comprennent cinq enseignantes à tendances constructivistes alors que, de son côté, Jacques, enseignant de sixième année, s'est avéré, à l'instar de Lise du groupe témoin, beaucoup plus traditionnel. Par contre, au plan des changements observés, ceux-ci se sont avérés plus nombreux mais surtout plus cohérents chez nos sujets expérimentaux que chez les sujets témoins, démontrant dans l'ensemble une influence réelle du cours expérimental sur les personnes qui l'ont suivi: il est d'ailleurs révélateur de constater que, dans un bon nombre de cas, les sujets interrogés reconnaissent spontanément et explicitement avoir modifié leur façon de voir à la suite de ce qu'ils ont appris ou vécu dans le cadre de ce cours. Ces modifications n'étant pas les mêmes chez tous les sujets, il est cependant difficile de les décrire globalement en procédant par thèmes: aussi, pour mieux en rendre compte et aussi mieux rendre justice à leur cohérence, allons-nous les présenter en considérant séparément chacun des sujets interrogés.

Le premier sujet, Marie-Thérèse, porte, dans le post-test de correction, une attention plus nuancée au raisonnement de l'enfant alors qu'elle distingue plus nettement que dans le pré-test la simple erreur de calcul de la faute de raisonnement. Ce premier indice de changement se confirme dans la partie de la post-entrevue portant sur l'erreur alors que notre enseignante distingue clairement les erreurs résultant d'une compréhension déficiente de celles issues d'un manque d'habileté: elle décrit alors avec force détails ce qui lui apparaît comme ses nouvelles réactions face aux erreurs de ses élèves tout en affirmant explicitement l'influence du cours sur ses réactions qui la portent, dit-elle, à maintenant

interroger tous les enfants, même ceux qui arrivent à des réponses justes. Des changements dans la même direction apparaissent également dans la partie portant sur la compréhension où, encore une fois, Marie-Thérèse affirme explicitement l'influence du cours qui a renouvelé sa façon de considérer cette compréhension où elle reconnaît, en post-entrevue, l'existence de plusieurs "degrés" et des manifestations diverses, orales, visuelles, écrites.

On retrouve la même cohérence dans l'ensemble des changements observés chez Hélène, le deuxième sujet. Un premier changement apparaît dans la partie géométrique du post-test de correction alors qu'Hélène repère l'erreur d'Isabelle mais surtout, enlève le bénéfice du doute accordé, sans doute à cause de la figure qu'il avait fournie avec sa réponse, à André au pré-test. Or, justement dans la partie de la post-entrevue portant sur l'intuition, elle avoue la surprise qu'elle a éprouvée en interrogeant des élèves jugés moyens ou forts mais qui ne sont pas parvenus à expliquer leurs solutions à des problèmes: d'où sa réticence à accepter maintenant la réponse d'André en s'appuyant sur la seule figure. Toujours au chapitre de l'intuition, elle en vient, en post-entrevue, à décrire celle-ci comme connaissance spontanée et primitive, description qui correspond à ce que l'on trouve dans le modèle de compréhension; ce changement se prolonge dans la partie suivante de la post-entrevue où elle parle de différents degrés de compréhension, expliquant comment cette vision lui permet maintenant de sortir du trop simpliste "tu l'as ou tu le sais pas", ce qu'elle confirme par son changement de critère pour décrire la compréhension, remplaçant celui de la capacité de résoudre par celui de la capacité d'expliquer, critère très cohérent avec ses réactions face à la copie d'André dans le test de correction.

Le troisième sujet, Céline, est sans doute l'enseignante qui, dès le départ, s'est révélée la plus constructiviste, manifestant avant même le début du cours, l'ensemble des convictions que l'on espérait voir apparaître chez elle. Cette situation n'a cependant pas empêché toute influence de ce cours qui a été pour elle l'occasion de mieux structurer plusieurs de ses connaissances et/ou perceptions comme le montrent les quelques

changements observés. Le premier de ces changements, dans le test de correction, est décevant puisque Céline ne relève pas au post-test, les erreurs d'Isabelle et Jean qu'elle avait pourtant bien identifiées au pré-test; mais en même temps, elle n'accorde plus le bénéfice du doute à André et Sylvain, préférant juger de leurs explications avant de leur attribuer une note. Dans la première partie de l'entrevue, on constate que le modèle lui a permis de préciser la vision qu'elle avait déjà de l'intuition comme première étape de connaissance. C'est de ce même type de précision accrue dont elle fait ensuite preuve dans sa description de la compréhension, en remplaçant son modèle de représentation par un modèle cognitif et en reconnaissant mieux le besoin de connaissances techniques, de procédures dans l'application des connaissances. Dans la dernière partie enfin, elle arrive à classer les différents types d'erreurs, distinguant la simple faute technique, le mauvais choix de procédure et l'erreur de compréhension comme telle.

Monique, notre quatrième sujet, a aussi, à l'instar de Céline, fait preuve de tendances très constructivistes avant même que ne s'ouvre le cours expérimental: ceci a peut-être limité les possibilités d'évolution de sa pensée, mais n'a pas empêché le cours d'avoir certaines influences sur les convictions de cette enseignante. C'est ainsi que, de son aveu même, sa vision de l'intuition et du rôle de celle-ci dans l'apprentissage a été complètement renouvelée. De l'intuition décrite au départ comme pressentiment n'ayant guère à voir avec l'enseignement et l'apprentissage, elle est arrivée à une perception de cette intuition comme connaissance primitive et informelle où apparaissent les principaux éléments du modèle traitant de ce niveau de compréhension. Dans le prolongement de ce premier changement, Monique avoue, dans la troisième partie de l'entrevue, avoir changé d'opinion sur l'approche par la découverte, se montrant en post-entrevue tout à fait convaincue de la nécessité de laisser découvrir les enfants, ce qui ne lui apparaissait qu'un idéal un peu utopique en pré-entrevue. Cette découverte, elle l'associe maintenant à la manipulation, au concret, ce qui confirme au plan de l'application pratique, sa vision renouvelée de l'intuition.

Notre cinquième sujet, Claudette, s'est, elle aussi, montrée plutôt constructiviste au chapitre de ses perceptions, ce, déjà au moment des pré-tests et de la pré-entrevue. Il y avait cependant plus de place pour de l'évolution chez elle que chez les deux enseignantes précédentes, Céline et Monique. Elle aurait ainsi pu faire preuve, en post-entrevue, d'une meilleure connaissance "théorique" de l'intuition ou d'une pensée mieux structurée sur l'élaboration de la compréhension. Mais si l'on n'a pu observer ces changements, le cours a tout de même eu une influence sur sa pensée: c'est ainsi qu'elle entrevoit dans la mini-entrevue un élément de solution au problème fondamental de l'analyse en profondeur de la pensée de ses élèves. Et plus intéressant encore, elle explique comment le cours l'a amenée à réfléchir sur les bases des opérations élémentaires et l'a ainsi aidée à mieux comprendre les sources des difficultés éprouvées par ses élèves; ceci a entraîné, dit-elle aussi, un recours plus fréquent à la manipulation qu'elle considère comme le meilleur remède à ces difficultés: qu'est-ce là sinon un retour aux bases intuitives des concepts qui montre que si, au plan théorique, le cours ne l'a pas aidée à mieux décrire le rôle et l'importance de l'intuition, au chapitre des considérations pratiques, il en va tout autrement.

Jacques, notre sixième sujet, constitue l'"exception" de notre groupe de six sujets expérimentaux. Exceptionnel, il l'est dès le départ alors qu'il se révèle très traditionnel dans ses diverses réactions et opinions, cela tout autant dans le test de correction, où l'exactitude de la réponse le préoccupe d'abord, que dans le questionnaire et dans l'entrevue où il affirme ne guère voir de place pour l'intuition dans l'apprentissage des mathématiques, ramène la compréhension à la capacité de réussir, juge la découverte comme une "belle" approche mais peu réaliste tout en considérant l'erreur comme "utile" quoique souvent difficile à analyser. Exceptionnel, il le demeure après le cours expérimental car celui-ci n'a en rien modifié sa façon de penser: la bonne réponse demeure plus que jamais le critère fondamental de ses corrections dans le post-test, ce que confirment ses propos dans l'entrevue, que l'on considère ce qu'il dit de l'erreur ou encore sa description de la compréhension comme capacité de solutionner les problèmes pour trouver les réponses exactes. Le reste de

ses perceptions et convictions demeure aussi ce qu'il était avant le cours, Jacques se révélant inébranlablement traditionnel même si ses perceptions ne sont pas primitives et sans nuances: ainsi, s'il juge sévèrement les erreurs en examen, il explique qu'il en va autrement lors de la résolution d'exercices en classe et que s'il ne croit guère au caractère réaliste d'une approche par la découverte, il ne peut non plus accepter une façon de faire s'appuyant trop dogmatiquement sur des définitions. Ces précisions étant déjà présentes avant le cours, force nous est de conclure à l'absence d'influence réelle de ce cours dans ce cas-ci.

Si l'on exclut ce dernier cas très particulier mais qui explique, par son caractère extrême, pourquoi il nous est paru plus juste de procéder ici par cas plutôt que par thèmes, nous pouvons honnêtement conclure à une réelle influence du cours sur les sujets expérimentaux interrogés, influence qui s'est traduite par une évolution de la pensée de ces personnes. Dans les quelques paragraphes qui suivent, nous ajoutons plusieurs remarques dans le but de préciser et nuancer cette affirmation.

La première remarque vise à rappeler qu'il est ici question d'évolution c'est-à-dire d'un processus plutôt lent et progressif et non d'un bouleversement brutal où toutes les convictions initiales seraient balayées et remplacées: compte tenu de la nature des changements espérés, on ne pouvait s'attendre et l'on n'a pas observé de transformations radicales des personnes. De plus, cette évolution s'est manifestée différemment de l'une à l'autre, chacune changeant sur quelques points particuliers qui ne sont pas les mêmes pour toutes.

Ce ne sont d'ailleurs pas tous les changements attendus qui se sont produits! D'abord parce qu'il n'y a pas toujours eu place pour de tels changements, la plupart de nos sujets faisant, dès le départ, preuve de multiples convictions constructivistes: c'est ainsi que dans la pré-entrevue, tous les sujets ont déjà reconnu un rôle très positif à l'erreur, manifestant ainsi une perception vers laquelle nous pensions les voir évoluer à la suite du cours. D'autres changements auraient par contre pu intervenir que nous n'avons pas observés, le cas le plus flagrant étant

certes celui de Jacques qui s'est révélé absolument inébranlable dans sa vision très traditionnelle de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. Ceci renforce nos propres croyances constructivistes voulant qu'une personne évolue pour et par elle-même, et qu'on ne peut forcer cette évolution de l'extérieur, un germe minimum devant exister dans la pensée même de celui ou de celle que l'on souhaite voir changer. Certains changements, enfin, sont apparus... mais pas tout à fait comme ils étaient attendus: il n'est qu'à rappeler l'exemple de Claudette chez qui on pouvait espérer voir naître une nouvelle perception de l'intuition mais qui, après le cours tout autant qu'avant celui-ci, déclare n'avoir que très peu accordé d'attention et de réflexion à cette question pour ensuite, dans une autre partie de l'entrevue, expliquer comment le cours lui a permis de mieux comprendre les difficultés de ses élèves et l'a amenée à utiliser une approche beaucoup plus intuitive - ce n'est pas elle qui utilise ce mot - pour les aider à régler ces difficultés.

Tout cela étant dit, on ne peut que constater chez nos sujets expérimentaux, la présence de changements nettement plus nombreux que ceux observés chez nos sujets témoins. De plus, ces changements vont tous dans le sens prévu par les hypothèses et leur grande cohérence chez chacun des sujets s'avère un argument plus que convaincant de l'influence bien réelle exercée par le cours qui a provoqué chez la plupart de ces maîtres une réflexion sur leurs perceptions et convictions et l'évolution de celles-ci.

CHAPITRE VII

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Nous ne saurions exposer les grandes conclusions tirées d'un travail comme celui-ci sans d'abord rappeler les problèmes à son origine, les objectifs poursuivis de même que les méthodes utilisées pour les atteindre: alors seulement pourra-t-on saisir le sens des conclusions qui s'en dégagent, leur valeur et leurs limites et les implications qu'elles entraînent, implications pédagogiques et implications pour la recherche. Aussi, ce dernier chapitre sera-t-il scindé en cinq parties:

- un résumé rappellera l'essentiel de la problématique et des problèmes abordés, les hypothèses du travail de même que la méthode de recherche utilisée et les instruments d'évaluation;

- les conclusions qui se dégagent de l'étude expérimentale seront ensuite rassemblées: celles obtenues des tests et questionnaires écrits et celles provenant des douze études de cas;

- une critique d'ordre méthodologique suivra où seront notamment discutées les forces et faiblesses des outils et de l'approche expérimentale. On présentera aussi un certain nombre de suggestions visant à améliorer cet appareil expérimental afin de rendre plus fructueuses d'éventuelles utilisations ultérieures;

- viendront ensuite quelques suggestions de recherches à mener qui pourraient prolonger cette étude de façon utile;

- le tout se terminera par un regard sur les implications pédagogiques de nos conclusions: quelques réflexions théoriques et recommandations pratiques seront alors émises qui s'appuieront sur les résultats obtenus.

1. Problématique, problèmes abordés, approche expérimentale et outils d'évaluation: un résumé

1.1 Quatre problèmes majeurs en didactique des mathématiques

Nous avons, au départ de ce travail, relevé quatre des principaux problèmes qui affectent la didactique des mathématiques, problèmes d'autant plus ardus qu'ils touchent des questions fondamentales reliées à la nature des mathématiques elles-mêmes, aux philosophies qui sous-tendent cette discipline, à l'épistémologie ainsi qu'aux théories d'apprentissage.

Le premier de ces problèmes est issu de la nature abstraite des mathématiques qui exige le recours à la symbolisation: cette nécessité conduit souvent à une insistance trop vive et prématurée sur la notation mathématique, au point de bien souvent la priver de sens véritable. Le contenu mathématique est alors confondu avec quelques signes et l'on méprend la manipulation correcte de ces signes pour la compréhension des transformations mathématiques qu'elle exprime. Ce premier problème est aggravé par le second, l'influence très grande du formalisme: cette influence se traduit dans une recherche souvent exagérée de la précision du vocabulaire et de la rigueur de l'expression de même que dans une approche logico-déductive des concepts mathématiques. Cette vision formaliste présente à l'élève la réflexion mathématique sous la forme statique de résultats achevés sans en révéler les aspects dynamiques pourtant nécessaires à un apprentissage intelligent. Le troisième problème touche les conditions mêmes de l'acquisition des connaissances: c'est la présence envahissante des théories behavioristes d'apprentissage où l'accent est davantage porté sur la transmission des connaissances que sur leur construction, l'ensemble de ces connaissances à acquérir - cela est particulièrement évident lorsqu'elles sont décrites sous forme d'objectifs - apparaissant essentiellement comme une liste d'habiletés, de savoir-faire à maîtriser sans qu'elles soient fondées sur des schèmes conceptuels qui les sous-tendent.

Ces trois questions touchant respectivement la nature des mathématiques, les tendances formalistes et les théories behavioristes d'apprentissage ne sont pas étrangères à l'émergence d'un autre problème, d'ordre pédagogique celui-là: la centration d'un grand nombre d'enseignants et enseignantes sur les réponses de leurs élèves. Ces réponses deviennent souvent les principaux critères sur lesquels s'appuient les maîtres pour juger à la fois de la compréhension et du savoir-faire des enfants. Une bonne réponse peut pourtant émerger d'une démarche erronée et une pédagogie qui s'arrête à la seule production de bonnes réponses poussera bien souvent l'enfant à apprendre par coeur une foule de règles qu'il ou elle ne peut justifier ni même s'expliquer: simplement parce que son expérience lui dit que les bonnes réponses, fournies rapidement par ces règles, sont récompensées. Malheureusement, ces règles risquent de demeurer des atomes de connaissance éparpillés et leur nombre peut rapidement dépasser les limites de la mémoire. Et puis, comment l'application mécanique de ces seules règles à des situations bien spécifiques pourrait-elle développer la créativité, engendrer un esprit d'invention suffisant pour permettre d'affronter des situations nouvelles ou, d'une façon plus globale, amener une véritable évolution des connaissances de l'individu?

1.2 Éléments nécessaires à la solution des problèmes décrits

Nous avons reconnu le caractère chronique de ces quatre problèmes qui ont marqué toutes les époques de l'enseignement des mathématiques, chacun s'y manifestant peut-être avec une acuité particulière et des modalités différentes suivant les périodes mais demeurant sans cesse présent sous une forme ou sous une autre. Nous nous sommes alors interrogés sur les raisons de cette pérennité, sur ce qui a permis à ces problèmes de traverser temps et réformes pour ainsi parvenir jusqu'à nous. Deux éléments ont particulièrement retenu notre attention: d'une part, les programmes scolaires où, dans une large mesure, sont fixés les contenus de l'enseignement et les approches utilisées et, d'autre part, les enseignants et enseignantes, véritables maîtres d'oeuvre de la formation mathématique donnée par l'école.

Comment expliquer que les multiples changements apportés aux programmes, changements souvent importants comme l'a, par exemple, été la "révolution" des mathématiques modernes, n'aient pas permis de résoudre les principales difficultés affectant l'enseignement des mathématiques? Peut-être parce que l'on n'a pas su faire les choix convenables, proposer les transformations adéquates. Mais plus vraisemblablement parce que la solution des problèmes requiert davantage qu'une modification des contenus ou qu'une réorganisation de ceux-ci, ce à quoi on s'est le plus souvent limité. Nous avons expliqué comment les problèmes décrits sont liés aux visions philosophiques, trop souvent formalistes, de la nature des mathématiques et aux conceptions de l'apprentissage. Aussi sont-ce ces visions et conceptions qu'il faut avant tout faire évoluer si l'on veut une amélioration véritable de la situation: cela exige plus que des modifications dans les appellations, plus que des déclarations d'intentions, aussi pures que soient celles-ci. Car tout changement en profondeur des conceptions du savoir mathématique demande que soient rejoints les intervenants de la première ligne, les personnes qui accompagnent les enfants dans leur quête de ce savoir mathématique.

C'est là que le rôle des enseignants et enseignantes doit être reconnu à sa juste et pleine valeur: car de toutes celles concernées par ces questions, ces personnes sont le pivot de tout renouveau authentique dans la mesure où elles sont les artisans véritables de l'enseignement des mathématiques. Aussi compétents que soient les responsables d'un projet de renouvellement du curriculum, aussi sérieuses que soient les recherches sur lesquelles il s'appuie, aussi exceptionnels que soient les documents élaborés, le succès obtenu dépendra toujours des maîtres par l'intermédiaire desquels les changements proposés deviendront réalité, seront actualisés dans la pratique scolaire. Ce n'est que dans la mesure où ces enseignants et enseignantes seront prêts à recevoir ces changements, c'est-à-dire qu'ils et qu'elles auront non seulement les compétences mathématiques et psycho-pédagogiques requises mais aussi une perception nette de ces compétences et la certitude que les transformations proposées sont importantes et adéquates, qu'ils et elles pourront modifier en profondeur leur enseignement pour l'adapter aux exigences nouvelles.

Or, nous l'avons constaté, ce sont là des conditions nécessaires qui n'ont guère été respectées. Les enseignants et enseignantes du primaire sont trop souvent victimes d'une formation insuffisante et mal adaptée. Plusieurs ont déjà éprouvé des difficultés en mathématiques à l'école, un certain nombre n'ont même reçu aucune formation académique en mathématiques dépassant le niveau secondaire et dans les écoles normales ou dans les facultés universitaires, on n'est guère parvenu à établir des programmes de formation leur donnant une compréhension claire des mathématiques qu'ils et elles auraient à enseigner. Ces programmes ont pour objectif de préparer des généralistes et, au plan mathématique, on se contente trop souvent d'y fournir un peu de contenu et quelques notions de méthodologie: ces cours demeurent orientés vers le produit et négligent les processus caractéristiques de l'activité mathématique. On y vise presqu'exclusivement un certain enrichissement des connaissances mathématiques sans parvenir ni même chercher à modifier, chez les maîtres, leur perception, trop souvent algorithmique et formelle de ce savoir qui demeure isolé, coupé des autres composantes de la formation des maîtres.

C'est d'ailleurs la critique la plus fondamentale que l'on puisse faire de ces divers programmes de formation: on n'y retrouve guère de véritable intégration de leurs différentes composantes - composantes psychologique, pédagogique, épistémologique et mathématique - ces programmes apparaissant comme une simple juxtaposition d'éléments disparates présentés par un groupe hétérogène de personnes où, suivant l'expression de Freudenthal, on espère que les maîtres réussiront une intégration que leurs formateurs ne parviennent pas à réaliser dans leur enseignement.

À cause de ce manque d'intégration, les programmes de formation ne permettent finalement pas de régler le problème épistémologique fondamental qui affecte l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques: plutôt que d'être de simples objets à transmettre, les connaissances mathématiques doivent, comme les connaissances dans les autres domaines, être construites par l'apprenant. Mais pour arriver à

vivre cela dans sa classe, l'enseignant ou l'enseignante a bien souvent besoin de modifier sa conception des mathématiques qu'il ou elle perçoit comme une discipline rigide où règnent l'ordre et la rigueur d'un produit fini, davantage domaine d'habiletés que d'idées, pour arriver à une perception moins statique où la dynamique de l'acte de connaissance est davantage présente. Bien sûr, un tel changement de perception ne règlera pas tout, il n'entraînera pas nécessairement un bouleversement subit et radical des pratiques scolaires car de multiples facteurs interviennent qui pourront ralentir ou arrêter l'évolution: mais ce qui est sûr, c'est que, s'il n'est pas suffisant pour assurer une solution complète et définitive des principaux problèmes qui affectent les mathématiques de l'école, ce changement de perception chez les maîtres est absolument nécessaire à la solution éventuelle de ces problèmes car sans lui, toute proposition de modification des attitudes et approches risque d'être mal comprise et/ou de recevoir un accueil mitigé alors qu'avec lui, ces modifications apparaîtront comme plus normales et allant de soi, s'imposant ainsi davantage d'elles-mêmes.

1.3 Une approche renouvelée de la formation mathématique des maîtres du primaire

Ce qui précède montre à quel point les quatre grands problèmes décrits trouvent un point d'ancrage important chez les enseignants et enseignantes du primaire et à quel point leur formation n'est pas étrangère au phénomène: que ce soit au niveau de la conception que ces personnes véhiculent de la discipline, de la vision philosophique qu'elles en ont, des théories d'apprentissage ou de leur centration sur les réponses de leurs élèves, cette formation ne leur permet pas d'échapper aux problèmes, allant jusqu'à les y plonger par ses insuffisances, dont le manque d'intégration des éléments qui la composent. L'espoir d'une solution à ces problèmes passe forcément par une approche de cette formation des maîtres qui modifie la perception qu'ont ces derniers des mathématiques et de leur apprentissage. Ce qui amène deux questions:

- quelle approche pratique permettrait de pallier aux insuffisances de la formation actuelle des enseignants et enseignantes, et de mieux intégrer ses composantes dont on regrette la dispersion?

- cette approche modifie-t-elle vraiment les perceptions des maîtres, perceptions des mathématiques et de l'apprentissage des mathématiques, afin de les rendre plus constructivistes?

La première question a trouvé réponse lors d'une étude exploratoire où une approche nouvelle a été mise au point et améliorée par la suite. C'est cette approche que nous avons utilisée pour les besoins de ce travail où nous voulons plus précisément répondre à la seconde question.

L'approche élaborée lors de l'étude exploratoire, puis reprise et améliorée jusqu'à la version retenue pour la présente recherche, est centrée sur l'analyse des concepts mathématiques de l'élémentaire à l'aide d'un modèle de la compréhension: plutôt que d'aborder les notions au seul plan mathématique avec une question comme "qu'est-ce que le nombre?" ou nous arrêter à des questions générales sur la compréhension, nous avons plutôt réuni ces éléments dans des interrogations du type "que veut dire comprendre le nombre?", ces interrogations étant amenées à l'intérieur d'un cadre de référence constitué par le modèle décrivant la compréhension. Cette façon de faire permet d'intégrer les aspects psychologique, pédagogique et mathématique vers une nouvelle perception de la matière. En effet, la notion étudiée reste présente comme notion mathématique car il serait certes difficile de fouiller la compréhension d'une notion mathématique en faisant abstraction de cet aspect. Cependant, le cadre à l'intérieur duquel s'effectue le travail de réflexion, mettant l'accent sur les aspects cognitifs, amène aussi l'enseignant ou l'enseignante à s'interroger sur les processus de pensée qui conduisent à la connaissance de la notion abordée. Car décrire, par exemple, la compréhension du nombre, n'est-ce pas aussi réfléchir à la manière dont se bâtit cette compréhension? Et peut-on alors éviter de penser à la façon

d'organiser les apprentissages et d'éventuelles interventions dans ces apprentissages en tenant compte de ces réflexions? C'est justement ce que nous entendons par intégration des aspects psycho-pédagogique et épistémologique à l'aspect plus spécifiquement mathématique.

Le modèle de compréhension retenu dans le cadre de la présente expérience est le modèle constructiviste de Bergeron et Herscovics dont les quatre niveaux, depuis l'intuition jusqu'à la formalisation en passant par la compréhension procédurale et l'abstraction, ont été décrits au chapitre II. Ce modèle nous a semblé particulièrement digne d'intérêt puisqu'il ne se contente pas de présenter différentes façons de comprendre mais s'attache à la croissance et à la structuration des connaissances: cette caractéristique le rend particulièrement utile pour le ou la pédagogue dont le rôle est d'aider l'enfant dans l'acquisition du savoir. Sans compter que, de par sa nature de même que par l'utilisation faite dans le cadre de notre approche, ce modèle est susceptible d'amener l'enseignant ou l'enseignante à modifier ses perspectives dans le sens que nous espérons, perspectives sur les mathématiques et sur l'apprentissage de celles-ci.

Lors du cours expérimental, les enseignantes ont non seulement étudié le modèle en l'utilisant pour l'analyse des principales notions du programme de mathématiques du primaire, mais elles ont de plus été initiées à la mini-entrevue, nouvel outil d'évaluation formative permettant de vérifier le niveau de compréhension atteint par les enfants. La mini-entrevue est essentiellement un dialogue que le maître établit avec l'élève autour d'une question ou tâche bien précise touchant une notion vue en classe: le but de ce dialogue n'est pas de voir si l'enfant arrive à une réponse exacte mais de déterminer quelle procédure ou quel processus de pensée lui permet de répondre. Sans que nous n'expliquions ici toutes les caractéristiques de la mini-entrevue de même que la manière suivant laquelle les enseignantes ont été formées à son utilisation, ce qui a été exposé au chapitre II, on peut facilement voir comment le recours à cet outil comme partie intégrante de notre approche ne devrait qu'amener ou consolider des convictions constructivistes chez les maîtres.

1.4 Les hypothèses de la recherche

Déjà l'étude exploratoire avait révélé certains changements dans la perception des enseignantes, changements qu'à la suite d'une question de Skemp, nous avons expliqués en parlant d'intégration des différentes composantes de la formation: en amenant les enseignantes à étudier les notions mathématiques à partir de la façon dont on les connaît et/ou les comprend, cette intégration jette un éclairage neuf sur ces notions d'où les nouvelles perspectives des enseignantes. Mais une grande question demeurait: ces changements étaient-ils bien réels? Ils n'avaient pas encore été étudiés systématiquement, n'ayant été perçus que de façon très empirique. Le présent travail où la vérification de présence de ces changements fait l'objet de la partie expérimentale vise à combler cette lacune importante.

L'hypothèse générale d'une évolution des perceptions est scindée en trois hypothèses plus particulières afin d'en faciliter l'étude, hypothèses directement liées aux grands problèmes mis en évidence au départ de la problématique. Ces trois hypothèses veulent que l'approche mise au point autour d'un modèle de la compréhension amène les enseignants et enseignantes

H1) à se décentrer de la réponse de l'élève pour s'attacher davantage à son raisonnement,

H2) à évoluer vers une perspective plus constructiviste des mathématiques,

H3) à évoluer vers une perception plus constructiviste de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques.

1.5 L'expérimentation

Afin de mettre ces hypothèses à l'épreuve, l'approche décrite plus haut a été utilisée lors d'un cours expérimental de quarante cinq

heures donné à un groupe de vingt-deux enseignantes en exercice inscrites à un cours de perfectionnement de la Faculté d'Éducation Permanente (F.É.P.) de l'Université de Montréal. L'échantillon a cependant dû être réduit à dix-huit sujets lors de l'expérimentation, ce, en raison d'absences de certaines personnes lors de l'un ou de l'autre des tests servant à évaluer les perceptions.

Nous avons également eu recours à un groupe témoin composé d'une vingtaine de maîtres, aussi en exercice, et aussi inscrits à un cours de perfectionnement de la F.É.P., le cours en question ne touchant cependant en rien les mathématiques. De ces vingt maîtres, seize ont pu être retenus afin d'être comparés aux sujets expérimentaux pour que l'on puisse mieux juger de l'évolution de ces derniers.

Immédiatement avant, puis immédiatement après les cours de perfectionnement offerts à l'un ou l'autre groupe, les enseignantes ont été soumises à des tests et quelques-unes, six dans chaque groupe, se sont prêtées à des entrevues. Ces tests et entrevues avaient pour but d'évaluer les différentes perceptions manifestées, et de mettre en lumière d'éventuelles évolutions de ces perceptions.

1.6 Les outils d'évaluation

Trois outils ont été mis au point pour effectuer ces évaluations, chacun correspondant plus particulièrement à l'une des hypothèses avancées plus haut quoique l'ensemble ait été conçu pour permettre des recoupements: cette recherche d'indications convergentes constitue l'un des traits caractéristiques de notre méthode expérimentale, l'autre trait principal étant le caractère plus qualitatif que quantitatif des observations retenues et utilisées.

Le premier outil, appelé test de correction, vise à déterminer quelle importance l'enseignante attache aux réponses de ses élèves en rapport avec celle qu'elle attribue aux raisonnements qui ont conduit à ces réponses. L'enseignante est priée de noter sur dix points, des travaux

d'élèves fictifs. Sur les copies présentées, on retrouve tantôt une bonne réponse avec ou sans justification, tantôt une réponse fausse émergeant d'un raisonnement pourtant correct ou alors, une réponse juste issue d'un mauvais raisonnement. La note attribuée de même que les raisons de cette attribution, raisons que nous demandions à l'enseignante de fournir, doivent permettre de juger sur quel élément l'accent est d'abord porté lors de l'évaluation des travaux d'enfants.

Le second instrument est un questionnaire écrit portant sur la perception des mathématiques scolaires. Trois perceptions ont été retenues, les perceptions traditionnelle, formaliste et construc'iviste, chacune caractérisée par un bloc de trois ou quatre énoncés. Les enseignantes sont priées d'ordonner ces blocs suivant l'importance qu'elles leur reconnaissent puis de pondérer cette hiérarchie afin de la préciser.

Le troisième instrument est une entrevue individuelle semi-standardisée où nous nous attachons à la conception qu'ont les enseignantes de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. Les séries de questions la composant abordent quatre grands thèmes: le rôle et la place de l'intuition, le rôle et la place de la compréhension et des habiletés, le rôle et la place de la découverte et des définitions et enfin, l'importance accordée par l'enseignante aux erreurs de ses élèves. Pour chaque thème ainsi abordé, on demande d'abord à l'enseignante de préciser le sens qu'elle attribue aux mots-clefs utilisés et d'illustrer ses définitions/descriptions par des exemples. Puis, pour chacun des éléments ainsi définis, on l'interroge sur le rôle qu'elle lui reconnaît dans sa pratique auprès des enfants, la priant sans cesse de préciser ses propos à l'aide d'exemples.

1.7 Esquisse des modalités d'analyse

Les analyses des réponses fournies par les sujets ont été menées en deux temps. Nous avons d'abord considéré les réactions et réponses au test de correction et au questionnaire sur la perception de mathématiques:

- dans le cas du test de correction, nous nous sommes surtout arrêtés, pour chacune des quatre combinaisons retenues de bonnes/mauvaises réponses et de bons/mauvais raisonnements, au nombre de notes haussées et abaissées entre pré et post-test, nous référant aux explications fournies par les enseignantes pour interpréter convenablement ces augmentations et diminutions et juger des tendances qu'elles pouvaient manifester. Nous avons ainsi pu évaluer ces tendances dans chacun des groupes en nous appuyant sur les réactions individuelles des sujets les composant;

- pour les réponses au questionnaire, la même approche n'a pu être retenue, ne fournissant pas d'indications nettes. Il n'y a qu'en considérant les moyennes des points attribuées aux trois catégories d'énoncés que nous avons pu mettre en évidence des tendances plus claires, du pré au post-test, dans chacun de nos groupes.

Dans un deuxième temps, nous avons mené douze études de cas, une pour chacun des six sujets témoins et chacun des six sujets expérimentaux qui ont accepté de répondre avant et après le cours de perfectionnement suivi, aux questions de l'entrevue. Pour chacun des cas, nous sommes d'abord revenus sur les réactions et réponses au test et au questionnaire écrit afin de relever les perceptions manifestées et les éventuels changements survenus entre pré et post-tests chez la personne considérée. Puis, pour chaque thème de l'entrevue, nous avons résumé les réponses fournies par cette personne, d'abord celles de la pré-entrevue puis celles de la post-entrevue, pour enfin conclure à la présence ou à l'absence d'évolution de sa pensée. Cette analyse a, par la suite, été confrontée à celle de deux experts et seules ont été entérinées les conclusions qui ont fait l'objet d'un consensus. Un résumé-conclusion est venu clore chacune des études de cas, résumé-conclusion où nous avons cherché à voir si les réponses aux différentes parties de l'entrevue et les réactions au test et questionnaire écrit se recoupaient et se confirmaient ou si, au contraire, elles s'infirmaient entre elles, cette recherche des convergences et divergences

permettant d'accroître le degré de certitude des conclusions finalement retenues.

2. Les conclusions expérimentales

Deux grandes conclusions se dégagent de l'étude expérimentale, conclusions qui confirment les hypothèses émises au terme du chapitre de problématique. Ces deux conclusions sont cependant précédées d'une première observation dont l'importance ne saurait être négligée puisqu'elle a trait aux perceptions originelles de nos sujets d'expérience. Nous la présentons donc au même titre de conclusion générale que les deux autres:

- les enseignantes des deux groupes, expérimental et témoin, se sont révélées, au départ, plus constructivistes qu'on ne pouvait l'espérer. Ceci ne signifie pas que les descriptions et analyses de la problématique soient fausses ou abusives mais, dans le cas particulier qui nous occupe, ces descriptions se sont avérées un peu exagérées. Les enseignantes avec lesquelles nous avons eu la chance de travailler ne sont d'abord pas des caricatures chez qui seuls les travers décrits apparaissent, démesurément visibles, mais des personnes réelles, où l'on retrouve toutes les nuances de la réalité. Il ne faut pas non plus oublier que ces enseignantes font partie de celles qui ont senti le besoin de s'inscrire à des cours de perfectionnement, ce qui témoigne d'une réflexion sérieuse de leur part, sur les théories et pratiques de l'enseignement et de l'apprentissage;

- en accord avec nos hypothèses, le cours expérimental a eu une influence indéniable sur les perceptions des enseignantes qui l'ont suivi, perceptions des mathématiques et perceptions de l'enseignement/apprentissage des mathématiques. Ces perceptions ont évolué dans le sens attendu, les enseignantes du groupe expérimental se révélant ou plus constructivistes qu'elles ne l'étaient, ou mieux

articulées dans leurs convictions constructivistes après le cours expérimental. Chez les sujets témoins, les changements sont en général beaucoup plus minces et ne manifestent guère une telle évolution;

- comme prévu cependant, l'évolution des sujets expérimentaux n'apparaît pas comme un bouleversement radical des conceptions originelles. D'abord, parce que ces conceptions étaient passablement constructivistes dès le départ, ainsi que nous le signalions dans notre première conclusion, mais aussi parce que des perceptions comme celles étudiées ne peuvent être culbutées ou déracinées facilement, étant, en général, profondément ancrées comme aboutissement d'un long cheminement.

Ajoutons qu'à ce chapitre des perceptions, une évolution lente et réfléchie a sans doute plus de chances d'être durable alors qu'une perception nouvelle qui en remplace subitement une autre risque d'être moins bien enracinée et d'être, à son tour, emportée rapidement par une expérience qui ne fonctionnerait pas tout à fait suivant les désirs et prévisions du maître.

Nous allons revenir, dans les sections qui suivent, sur les indications obtenues de chacun de nos outils d'évaluation afin de bien mettre en évidence comment les trois conclusions qui précèdent se sont imposées.

2.1 Le test de correction

Le test de correction, avec ses quatre types de copies, nous a permis de scruter de quelle façon les enseignantes réagissaient face aux travaux de leurs élèves, quels éléments, réponse, raisonnement, détails de forme..., retenaient leur attention lors de la correction et comment cette attention a pu évoluer du pré au post-test.

Les copies de type 1 (Manuelle et Nicole) où une réponse juste émergeait d'un excellent raisonnement, ont révélé que les enseignantes savaient reconnaître la rectitude de ce raisonnement et la justesse de la réponse. Les sujets témoins ont ici attribué des dix pratiquement partout, en géométrie et en arithmétique, au pré comme au post-test. Les enseignantes du groupe expérimental ont fait de même en arithmétique mais se sont montrées plus tâtillonnes dans la correction de la copie de Manuelle en géométrie: les justifications ont toutefois permis de comprendre que les variations de notes s'expliquaient par des changements dans leur sévérité face à des questions de détails formels comme la position des chiffres dans la figure. Dans l'ensemble, les copies de ce type ont donc bien joué leur rôle de point de repère, les deux groupes ayant corrigé convenablement et les justifications fournies nous ayant permis de bien contrôler la signification des quelques variations enregistrées dans les points attribués.

Dans la correction des copies de type 2 (André et Sylvain) où la réponse apparaissait seule, sans explication aucune, c'est vraiment ce vide qui a retenu l'attention des gens des deux groupes: autant au pré qu'au post-test, l'absence de raisonnement a fait l'objet de tous les commentaires, certaines personnes affirmant ne pas accepter de telles copies de leurs élèves, d'aucunes craignant que l'élève soit arrivé à la réponse en regardant celle du voisin, d'autres préférant lui accorder le bénéfice du doute. Dans les deux groupes, bon nombre de notes varient du pré au post-test mais ni dans le groupe témoin ni dans le groupe expérimental peut-on dégager une tendance nette, le nombre de notes haussées correspondant à peu près au nombre de notes diminuées. Ces notes ne témoignent donc pas d'une décentration de la réponse, décentration bien improbable toutefois, puisque, dès le pré-test, l'attention se trouvait toute tournée vers la démarche ou plutôt vers son absence comme le prouvent les commentaires émis et les notes un peu plus élevées données à André chez qui la figure est apparue comme un élément de solution.

Un bon nombre d'enseignantes des deux groupes n'ont pas perçu, au pré et/ou au post-test, l'erreur de raisonnement dans l'une ou l'autre des

copies de type 3 (Isabelle et Jean) où la réponse était exacte. Ceci explique que plusieurs notes aient varié considérablement entre pré et post-test. Écartant momentanément ces personnes de nos échantillons, nous avons constaté qu'encore une fois, dans les deux groupes, il n'était pas possible de dégager de tendance significative, les notes restantes variant autant à la hausse qu'à la baisse: elles ne pouvaient donc témoigner, au post-test, d'une importance accrue que l'ensemble des membres de l'un ou l'autre groupe aurait attachée à la réponse ou au raisonnement, ce dernier demeurant toutefois l'élément qui a sans cesse fait l'objet de commentaires, ce, même lorsque des personnes n'ont pas perçu son caractère erroné.

Lors de la correction des copies de type 4 (Marc et Renée) où la réponse est mauvaise malgré un raisonnement irréprochable, le raisonnement a de nouveau retenu l'attention au chapitre des commentaires dans les deux groupes. Cette fois cependant, les variations de notes sont très clairement polarisées et indiquent que l'importance attachée au raisonnement s'est accrue au moment du post-test. Cette tendance est déjà présente chez le quart des sujets témoins mais s'avère nettement plus importante dans le groupe expérimental où soixante-sept pour cent des enseignantes augmentent la note au post-test en géométrie alors que cinquante pour cent en font autant en arithmétique. Ceci va tout à fait dans le sens de notre hypothèse de décentration de la réponse.

On a donc pu constater que, dès le départ, c'est le raisonnement qui, d'après les commentaires émis, a retenu une large part de l'attention des enseignantes. Cette réaction relevée dans la correction de chacun des quatre types de copies, est l'un des éléments qui a amené notre première conclusion sur la présence, avant même le début des cours de perfectionnement, de tendances constructivistes chez nos sujets d'expérience. Ces tendances se retrouvent chez les membres des deux groupes qui se sont montrés très comparables, à quelques différences de réactions près, différences aisément contrôlées grâce aux justifications fournies pour chacune des corrections effectuées.

Au post-test, les deux groupes ont continué à réagir de façon analogue face aux copies de type 2 et 3, et ne manifestent aucune évolution particulière dans leur façon de corriger alors que les notes varient de façon plutôt erratique. Par contre, avec les copies de type 4, une véritable différence apparaît, les gens du groupe expérimental accroissant nettement plus souvent que ceux du groupe témoin la note accordée et donc l'importance attachée au raisonnement de l'enfant. Cette réaction conforme à notre hypothèse témoigne d'une influence du cours expérimental sur les personnes qui l'ont suivi puisque dans ce cours, on insistait sur l'importance de la démarche de pensée de l'enfant.

Il est cependant clair que cette évolution relevée chez nos sujets expérimentaux n'est pas un bouleversement radical et que les changements de notes ne sont pas extrêmes: si l'attention n'était pas toute entière tournée vers la réponse au départ, elle n'est pas exclusivement orientée vers le raisonnement à l'arrivée. Cela est d'ailleurs normal et l'exactitude de la réponse gardera toujours une certaine importance, même aux yeux du maître le plus constructiviste.

2.2 Le questionnaire sur les mathématiques scolaires

Ce deuxième outil est celui qui a fourni les indications les plus limitées: cela tient peut-être à la conception même de l'instrument mais sans doute aussi à la difficulté de la question soulevée, question à laquelle très peu de gens ont réfléchi et à laquelle il n'est pas simple de répondre à brûle-pourpoint.

Le premier obstacle auquel nous nous sommes heurtés dans l'analyse des réponses obtenues, c'est l'incohérence qui existait entre la première hiérarchisation et la pondération qui suivait. Nous avons donc dû choisir entre les deux, pour finalement retenir la pondération qui semblait le mieux exprimer l'opinion des enseignantes: ce choix s'est d'ailleurs vu confirmé comme le meilleur lors des entrevues, ce, malgré quelques exceptions. Par la suite, le dénombrement des hausses et des baisses des notes attribuées à chaque catégorie d'énoncés n'a révélé aucune tendance

particulière, les variations n'étant guère orientées dans une direction privilégiée. Nous nous sommes alors retournés vers les moyennes de points accordés par chacun des groupes d'enseignantes à chacun des ensembles d'énoncés, obtenant ainsi des indications de tendances très globales dans lesquelles les opinions individuelles se sont trouvées quelque peu noyées. Ces tendances ne sont d'ailleurs pas tout à fait celles attendues mais vont, malgré tout, dans le sens de notre hypothèse.

Il est en effet un peu surprenant de constater que c'est dans le groupe témoin que l'on relève un véritable changement entre pré et post-test: partis d'une situation où, au pré-test, la perception constructiviste se trouvait largement devant les perceptions formaliste et traditionaliste, nous nous retrouvons dans les deux post-tests, avec un équilibre qui s'établit entre les trois perspectives. Nous en avons conclu que le questionnaire a initié une réflexion chez les sujets témoins, réflexion qui n'a été encadrée d'aucune manière, d'où les réactions individuelles qui s'éparpillent dans toutes les directions et se traduisent dans cette tendance globale à l'équilibre, comme si le groupe n'arrivait plus, en fin de course, à départager les trois visions.

Les réponses du groupe expérimental sont, au départ, semblables à celles du groupe témoin: la vision constructiviste y domine les deux autres dont l'ordre est cependant inversé, la perspective traditionnelle devançant ici la perspection formaliste. Mais aux post-tests, alors que le pré-test a dû initier la même réflexion que chez les sujets témoins, on ne relève pratiquement pas de changement dans l'opinion globale des sujets expérimentaux, la vision constructiviste demeurant largement en avant au chapitre de la moyenne des points sans que la valeur des deux autres conceptions soit pour autant niée. D'où nos conclusions:

- au départ, nos deux groupes se sont montrés beaucoup plus constructivistes, au chapitre de leur perception des mathématiques scolaires, que ce que nous avions cru;

- le cours expérimental a toutefois influencé les enseignantes qui l'ont suivi, non pas en faisant évoluer leurs perceptions comme prévu, mais en continuant à maintenir globalement les convictions initialement manifestées alors que le groupe témoin a évolué vers une position beaucoup plus neutre, aucune perspective ne dominant vraiment les autres en fin de course;

- encore ici, nous n'assistons cependant à aucun bouleversement radical, chacune des catégories d'énoncés se voyant reconnaître une importance non négligeable, ce, même lorsqu'une des perspectives domine les autres.

2.3 Les études de cas avec entrevues

Nous arrivons ici à la partie de loin la plus importante de la recherche, celle qui a exigé le plus de temps et d'efforts mais celle aussi qui a le plus et le mieux renseigné sur les perceptions des enseignantes puisque tous nos instruments y ont été simultanément mis à contribution de façon à permettre l'étude de la cohérence des diverses indications obtenues. Cela, sans compter que ces études de cas se fondent sur des entrevues où nous avons eu le loisir d'approfondir nos diverses observations. Nous reprenons, dans les paragraphes qui suivent, l'essentiel des conclusions des analyses du chapitre VI pour ensuite les rapprocher brièvement de celles précédemment tirées des analyses globales du test et du questionnaire.

2.3.1 Les sujets témoins

Dans ces études de cas, cinq des six sujets témoins retenus ont manifesté des tendances et perceptions plutôt constructivistes, l'autre personne, Lise qui enseigne en sixième année, se révélant beaucoup plus traditionnelle. Dans l'ensemble, les perceptions n'ont presque pas évolué pendant le laps de temps qui a séparé pré-tests et pré-entrevue des post-tests et post-entrevue de sorte que les descriptions qui suivent valent

autant pour la période qui a précédé que pour celle qui a suivi le cours de perfectionnement offert à ces gens.

Dans leur réaction face au test de correction, les six personnes ont sans cesse porté une grande attention aux raisonnements des enfants, l'exactitude de la réponse semblant venir au second rang de leurs préoccupations. On observe d'ailleurs peu de variations dans les points qu'elles ont accordés, que l'on compare, pour chaque type de copie, le problème d'arithmétique au problème de géométrie ou encore, le pré-test au post-test. Seules les notes attribuées par Miche Line et Françoise ont été davantage modifiées mais nous avons vu que ces changements ne traduisaient pas un déplacement de l'attention de la réponse vers le raisonnement ou vice-versa.

Il s'avère plus hasardeux de tirer une conclusion des réponses de nos six sujets au questionnaire: les problèmes éprouvés avec cet outil font que les réactions individuelles demandent une lecture "prudente" et qu'il n'est guère possible de caractériser ces réactions particulières en quelques énoncés généraux. Retenons simplement que les entrevues ont confirmé que, dans la majorité des cas, ce sont bien les points accordés et non la hiérarchisation préalable, qui traduisent le mieux la pensée des maîtres.

L'intuition a parfois, dans la première partie de l'entrevue, été décrite en termes généraux (deviner et prévoir) mais quatre des six enseignantes en parlent en relation avec l'apprentissage, l'associant alors à l'instinct, à la découverte tâtonnante de même qu'à l'observation et aux manipulations concrètes. Plus loin, débordant le thème de la découverte et des définitions, trois enseignantes défendront une approche très intuitive s'appuyant justement sur la manipulation et le concret, sans pourtant utiliser le terme intuition pour caractériser cette approche.

Toutes reconnaissent l'importance fondamentale de la compréhension dans l'apprentissage des mathématiques: la plupart décrivent cette compréhension en termes d'explications fournies par

l'enfant, deux d'entre elles, Marjolaine et Miche Line, ajoutant l'idée de transfert. Seule Lise se distingue vraiment de ses collègues et associe plutôt la compréhension à la capacité de retenir et d'appliquer, point de vue plus behavioriste que celui adopté par les autres. La notion d'habileté, quelque peu opposée dans l'entrevue à celle de compréhension, demeure beaucoup plus vague que cette dernière pour nos sujets. Seules Micheline et Françoise en parlent spontanément en terme de facilité à faire quelque chose.

Les six enseignantes sont d'accord sur le caractère fructueux d'une approche par la découverte et rejettent, parce que moins efficace, une approche s'appuyant trop dogmatiquement sur des définitions présentées par le maître. Lise se distingue à nouveau puisque, si elle juge la découverte "idéale" comme approche, elle avoue se cantonner dans une présentation beaucoup plus traditionnelle et magistrale des notions.

Enfin, l'erreur est perçue comme normale et même utile par l'ensemble de nos sujets témoins: ces personnes ne sont pas toutes d'accord pour admettre qu'une bonne réponse puisse émerger d'un mauvais raisonnement mais si le phénomène survenait, c'est en considérant les explications écrites et/ou verbales de l'élève que l'on pourrait s'en rendre compte. Seule Louise déclare cependant exiger systématiquement de telles explications de ses élèves.

On le constate aisément, cinq des six personnes ici considérées se sont montrées plutôt constructivistes et l'on ne peut que reconnaître la convergence des indications à cet effet. Ainsi, les réflexions sur l'erreur s'avèrent très cohérentes avec les réactions au test de correction et l'attention qui, dans ce test, est accordée au raisonnement de l'enfant, se voit confirmée par l'importance reconnue à la compréhension avant tout manifestée, aux yeux de ces personnes, par les explications de l'enfant. On peut aussi remarquer comment l'importance accordée à l'intuition est rendue plus évidente par la défense d'une approche par la découverte et le rejet des définitions simplement transmises par le maître. Seule Lise demeure nettement plus traditionnelle affirmant ne pas arriver à faire une

place à l'intuition ou à la découverte dans son enseignement et ne pouvant fournir qu'une description très behavioriste de la compréhension, ce, même si elle semble accorder de l'importance au raisonnement dans le test et affirme garder une attitude positive face aux erreurs de ses élèves.

Nous l'avons signalé plus haut, les changements ont été rares chez nos sujets témoins et sont demeurés des phénomènes isolés qui ne manifestent guère d'évolution des perceptions. Les tests, questionnaire et entrevue, ne paraissent donc pas avoir provoqué de modifications dans ces perceptions, les enseignantes étant demeurées, à peu de chose près, et comme nous l'attendions, ce qu'elles étaient au départ.

2.3.2 Les sujets expérimentaux

Dans les pré-tests et la pré-entrevue, nos six sujets expérimentaux se sont avérés former un groupe remarquablement semblable à celui des six sujets témoins: on retrouve à nouveau ici cinq personnes plutôt constructivistes dès le départ alors que Jacques qui, à l'instar de Lise, enseigne en sixième année, se révèle nettement plus traditionnel. Les réactions de ces gens aux pré-tests, les perceptions qu'ils manifestent dans la pré-entrevue, correspondent assez exactement à ce que nous venons de décrire pour les sujets témoins. Par contre, les changements entre pré et post-tests ou pré et post-entrevue, sont ici plus nombreux et leur cohérence témoigne d'une influence réelle du cours expérimental, influence que plusieurs des sujets interrogés reconnaissent d'ailleurs spontanément et explicitement. C'est sur ces changements et leur cohérence que nous voulons insister dans les paragraphes qui suivent.

Notre premier sujet, Marie-Thérèse, porte, dans le post-test de correction, une attention plus nuancée à la démarche de l'enfant lorsqu'elle y distingue entre une erreur de calcul et une faute de raisonnement, attention confirmée en post-entrevue par la distinction très claire qu'elle établit entre une compréhension déficiente et un manque d'habileté: elle décrit alors avec force détails ce qui lui semble être ses toutes nouvelles réactions face aux erreurs des élèves, affirmant l'influence du cours sur

ces réactions. Elle dit aussi considérer différemment la compréhension grâce au cours au moment où, en post-entrevue, elle explique l'existence de degrés de compréhension et décrit leurs diverses manifestations orales, visuelles ou écrites.

Chez Hélène, on note d'abord qu'au post-test de correction, elle enlève tout le bénéfice du doute dont elle avait auparavant laissé profiter André: cette réaction s'explique vraisemblablement par la surprise qu'en post-entrevue, elle raconte avoir éprouvée en interrogeant des élèves qu'elle jugeait moyens ou forts, mais qui n'ont pu expliquer leurs solutions. Par ailleurs, toujours en post-entrevue, elle en arrive à présenter l'intuition comme connaissance spontanée et primitive et à décrire les degrés de compréhension qui, ajoute-t-elle, permettent de sortir du trop simpliste "tu l'as ou tu le sais pas". Elle définit enfin la capacité d'expliquer comme nouveau critère général de compréhension qui remplace dans sa tête, la capacité de résoudre un problème autrefois retenue: ce changement de critère est tout à fait cohérent avec le jugement plus sévère qu'elle porte maintenant sur la copie d'André.

Dès le départ, Céline s'est révélée être la personne la plus constructiviste de toutes celles que nous avons interrogées: elle ne pouvait donc beaucoup évoluer mais elle a tout de même davantage approfondi et structuré ses convictions. Bien sûr, ne repère-t-elle plus, au post-test de correction, les erreurs de Jean et d'Isabelle, méprenant la faute de raisonnement de cette dernière pour une simple addition répétée qui remplacerait la multiplication mais en même temps, elle retire le bénéfice du doute auparavant accordé à André et Sylvain. De plus, le modèle lui a permis de préciser sa vision de l'intuition comme première étape de connaissance et de décrire la compréhension en des termes qui relèvent de la cognition et non de la seule représentation comme en pré-entrevue. Elle établit enfin une classification des erreurs, distinguant la faute technique, le mauvais choix de procédure et l'erreur de compréhension.

Monique s'est aussi montrée très constructiviste au départ. Mais ceci ne l'a pas empêchée de renouveler sa vision de l'intuition à laquelle elle reconnaît, en post-entrevue, une place importante dans l'apprentissage, percevant comme connaissance primitive ce qu'elle décrivait auparavant comme un vague pressentiment ne pouvant guère servir la personne qui apprend. Plus loin, elle affirme croire davantage en la nécessité de faire découvrir les notions par les enfants, approche par la découverte qu'elle associe au concret et à la manipulation, ce qui constitue justement la base de toute démarche s'appuyant sur l'intuition.

Claudette aurait certes pu faire preuve, en post-entrevue, de meilleures connaissances théoriques sur l'intuition et d'une pensée mieux structurée sur l'élaboration de la compréhension. Mais elle n'en a pas moins évolué: c'est ainsi qu'en post-entrevue, elle explique longuement comment le cours expérimental lui a permis de mieux comprendre les bases des opérations élémentaires et d'ainsi mieux cerner les sources des difficultés éprouvées par ses élèves. Ceci, dit-elle, l'a amenée à avoir davantage recours à la manipulation, au concret: qu'est-ce là sinon une approche intuitive alors qu'elle ne parvenait pas à parler "théoriquement" d'intuition dans la première partie de l'entrevue... De même, si sa pensée sur la compréhension s'est avérée peu explicite, elle n'en reconnaît pas moins, en post-entrevue, l'acuité du problème de l'analyse de la pensée des élèves et considère la mini-entrevue comme une solution prometteuse à ce problème.

Jacques, le dernier sujet, se révèle très traditionnel: il est, avant tout, préoccupé par la réponse dans le test, ne voit pas de place pour l'intuition dans l'apprentissage, réduit la compréhension à la capacité de réussir, juge le principe de la découverte "très beau" mais peu réaliste et reconnaît une certaine utilité à l'erreur mais la considère comme très difficile à analyser. Ces réactions et convictions demeurent les mêmes, inébranlables, après le cours même si, elles ne sont pas primitives et sans nuance: c'est ainsi que, si Jacques juge sévèrement une mauvaise réponse dans un examen (ce que voulait représenter le test), il affirme qu'il en va autrement en classe, dans le travail plus quotidien. De même, il n'accepte

pas une approche des notions qui s'appuyerait trop exclusivement sur des définitions transmises par le maître. Ces atténuations ne traduisent cependant pas d'évolution de sa pensée puisqu'elles étaient déjà présentes lors des pré-tests et de la pré-entrevue.

Même si cinq de nos six sujets se sont avérés plutôt constructivistes au départ, les changements observés témoignent, autant par leur cohérence que par leur présence, d'une réelle influence du cours sur les perceptions et convictions des sujets. Le cours a été pour chacune de ces personnes, l'occasion de quelques découvertes sur la place de l'intuition dans l'apprentissage par exemple, et/ou d'un approfondissement et d'une meilleure articulation de convictions déjà présentes. Ceci confirme en particulier que l'indication globale, obtenue du calcul des moyennes dans l'analyse des réponses au questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires, était finalement juste même si elle nous paraissait relativement peu signifiante, de par sa nature même, au plan individuel. De même, la tendance à accorder plus d'importance à la démarche de l'enfant manifestée par l'ensemble des sujets expérimentaux dans le test de correction est bien conforme aux convictions nouvelles ou renouvelées manifestées par la majorité des personnes interrogées par la suite. Il n'y a que Jacques qui n'ait vraiment pas changé: nos principes constructivistes s'appliquent ici aussi et nous amènent à dire qu'il est utopique de vouloir faire progresser quelqu'un de force, le mouvement devant être initié par l'individu lui-même. Si nos messages et actions peuvent éventuellement lui préparer un chemin et lui fournir une étincelle de départ, l'allumage ne peut être que son fait et exige, de sa part, un minimum de réceptivité et de remise en question de ses idées.

2.4 Retour sur nos trois conclusions principales

L'ensemble des indications obtenues de nos diverses évaluations convergent donc vers les trois conclusions qui ouvraient cette partie: dans le test et dans le questionnaire comme dans les études de cas, nous avons constaté que l'ensemble de nos sujets, manifestaient au départ, davantage de tendances constructivistes que nous ne l'attendions. Ceci

explique notamment que plusieurs des changements prévus ne se soient pas produits puisqu'ils n'avaient finalement pas à se produire, les convictions que l'on espérait voir apparaître étant déjà en place. Cela n'a pas empêché le cours expérimental d'avoir une influence indéniable sur les perceptions de la majorité des gens l'ayant suivi: encore là, les indications sont concordantes, qu'elles soient basées sur les réponses au test et au questionnaire ou qu'elles le soient sur les études de cas. Mais ces indications révèlent aussi que les changements ne sont pas radicaux, éléments d'une évolution des idées déjà présentes et non d'un bouleversement résultant de leur destruction et de leur remplacement.

3. Regard critique sur la méthode de recherche

À la lumière des résultats obtenus et des difficultés éprouvées, nous voulons, dans les paragraphes qui suivent, considérer les forces et les faiblesses de nos instruments d'évaluation et, dans un second temps, émettre quelques autres remarques sur l'expérience réalisée. Dans l'ensemble, nos choix se sont avérés heureux mais une critique positive permettra sans doute d'améliorer tout cela afin de rendre plus fructueux un éventuel recours ultérieur à ce que nous avons mis au point.

3.1 Les outils d'évaluation

Nos outils sont, cela a été maintes fois répété, des indicateurs de tendances plus que des instruments de mesure quantitative et leur puissance réside avant tout dans leur utilisation simultanée qui rend possible les recoupements, la recherche de convergences: c'est ainsi que nous avons d'ailleurs procédé pour arriver aux conclusions expérimentales présentées plus haut. Chaque outil possède cependant ses caractéristiques propres et vise un objet de recherche particulier, l'ensemble de ces objets formant un tout cohérent où apparaissent les perceptions des mathématiques et les conceptions de l'apprentissage.

3.1.1 Le test de correction

Ce premier outil qui vise à déterminer l'importance accordée par le maître au raisonnement et à la réponse de l'enfant, a le mérite de sa simplicité: il offre un coup d'oeil "direct" sur le travail des enseignants et enseignantes, sans exiger de manipulations statistiques complexes et permet ainsi de percevoir sans artifices les nuances des réactions manifestées. C'est d'ailleurs là que les justifications demandées aux sujets observés prennent toute leur importance, rendant plus sûres les interprétations que l'on peut donner aux notes accordées et aux changements de notes relevés entre pré et post-test. C'est grâce à ces justifications que nous avons, par exemple, pu distinguer l'essentiel de l'accessoire dans les réactions de nos sujets expérimentaux face à la copie de Manuelle ou comprendre que plusieurs personnes, dans les deux groupes, n'avaient pas perçu les erreurs de raisonnement d'Isabelle ou de Jean.

Dans l'ensemble, cet instrument a bien rempli son rôle: bien sûr, certaines parties du test n'ont pas permis d'arriver à des conclusions nettes mais cela tient à la complexité de la réalité étudiée et au fait qu'aucune tendance forte ne se soit manifestée, plus qu'à une faiblesse de l'outil lui-même qui, au contraire, a mis en évidence cette complexité et l'absence de tendance claire.

Si l'on veut parler de faiblesses à corriger, il en est une qui a retenu l'attention: il serait important, dans une prochaine version, de modifier la présentation des solutions afin que les maîtres ne soient pas distraits des éléments essentiels, raisonnement et réponse, par des détails secondaires comme la position des chiffres dans la figure de géométrie. On pourrait de même ajouter les formules dont l'absence a agacé certaines enseignantes sur la copie réputée parfaite de Manuelle, en géométrie. Quant au reste, on peut le conserver: la conjugaison des notes accordées et des justifications fournies nous permettra toujours de bien comprendre à la fois les corrections effectuées et une éventuelle évolution des réactions face aux différents types de copies proposés.

3.1.2 Le questionnaire sur la perception des mathématiques scolaires

Ce deuxième instrument a moins bien fonctionné que le précédent: il est vrai que les perceptions des mathématiques demeurent des objets de recherche difficiles à cerner, notamment parce que ces perceptions sont le plus souvent inconscientes et/ou confuses chez la majorité des gens, peu importe la manière de les aborder, il sera donc toujours difficile de faire s'exprimer ces personnes sur de telles questions. Mais l'instrument présentait aussi des faiblesses qui, dans le contexte, n'ont pas aidé, faiblesses auxquelles il est possible de pallier.

La première faiblesse touche le fond même des questions posées: nous avons voulu détacher les enseignantes de leurs préoccupations professionnelles pour les centrer sur leurs perceptions des mathématiques comme discipline pure, coupée de leur pratique auprès des enfants. Cela s'est avéré une erreur car il est certain que parmi toutes les influences qui colorent ces perceptions, celles qui proviennent de leur tâche d'enseignantes sont certes les plus fortes, les plus présentes. D'où la confusion provoquée et qui a été fort justement relevée par E.05 et E.16 dans leurs remarques.

Une deuxième faiblesse réside dans la forme du questionnaire: nous l'avons constaté, le recours à une première hiérarchisation avec utilisation des signes > et = n'a en rien aidé les enseignantes à exprimer leur opinion, rendant, au contraire, cette expression plus confuse. L'élimination de cette partie du questionnaire serait donc une simplication fort bienvenue, susceptible d'améliorer l'outil de façon remarquable:

- il serait en effet possible, une fois cette première partie enlevée, de remplacer nos trois catégories d'énoncés par une simple liste d'énoncés sur chacun desquels les maîtres pourraient émettre un jugement. Nous verrions alors plus en détail quels sont les éléments qui retiennent vraiment l'attention et quel degré d'importance est reconnu à chacun. Rien n'empêcherait ensuite, au moment de l'analyse, de

regrouper à nouveau ces énoncés en catégories pour caractériser les perceptions que les réactions observées manifestent;

- pour tenir compte de la première faiblesse relevée, la question posée ne ferait plus référence aux mathématiques étudiées et/ou enseignées mais demanderait simplement aux sujets d'attribuer une note ou de marquer un point sur une échelle discrète ou continue, note ou marque exprimant leur opinion sur l'importance de ce qui serait décrit dans l'énoncé;

- ces énoncés pourraient très bien être ceux que nous avons retenus mais présentés dans un ordre tout à fait quelconque où les catégories seraient entremêlées de façon aléatoire; il serait aussi possible d'enrichir la collection tout en prenant garde de ne pas l'allonger démesurément.

Ces améliorations potentielles ne rendront certes pas la tâche de cerner les perceptions plus simple, mais elles augmenteront l'acuité du regard des chercheurs et lui permettront de pénétrer plus avant dans l'opinion des gens et de fouiller ces opinions avec une précision accrue.

3.1.3 L'entrevue

L'entrevue est, de nos trois outils, celui qui a nous permis d'aller le plus loin dans l'exploration des perceptions de nos sujets, de mieux cerner et comprendre ces perceptions tout en validant ou explicitant les indications obtenues de nos autres sources: grâce à lui, la recherche de convergences est devenue possible et a pris tout son sens. Les modifications à apporter à cet outil nous paraissent plutôt mineures puisqu'il a rempli son rôle de façon très satisfaisante - dans la mesure où l'on peut être satisfait lorsque l'on poursuit des choses aussi fluides que des perceptions et des conceptions. Non seulement avons-nous pu, grâce à lui, évaluer l'importance accordée par les enseignantes à différents éléments comme l'intuition, la compréhension, les habiletés, les erreurs

des élèves mais nous nous sommes aussi assurés du sens précis attribué aux termes mentionnés, le tout illustré par des exemples souvent fort révélateurs. Nos objectifs d'évaluation ont donc généralement bien été atteints, ce, suivant une approche à la fois conforme à ce qui était, par ailleurs, proposé aux maîtres dans le cours expérimental et adaptée à la nature particulière, quelque peu rebelle au traitement quantitatif, des objets de recherche poursuivis.

Si l'expérience était reprise, peut-être changerions-nous quelques détails: ainsi, dans la seconde partie, nous opposons habiletés et compréhension. Il vaudrait sans doute mieux remplacer le terme général d'habiletés par celui de savoir-faire ou parler d'habiletés techniques ou algorithmiques pour distinguer celles-ci de l'habileté globale qui, aux yeux de quelques-unes des enseignantes, inclut la compréhension. Ceci permettrait aussi de les distinguer de l'habileté au sens de talent ou d'aptitude. Nous éviterions ainsi ces situations où les sujets ont utilisé le terme habileté dans un sens à la pré-entrevue et dans un autre à la post-entrevue, ce qui a rendu difficile la comparaison entre les propos relevés dans chacune de ces occurences. Aucune autre difficulté n'étant apparue qui aurait été provoquée par la forme des questions ou l'ordre dans lequel celles-ci ont été abordées, nous garderions telles quelles les autres parties de l'entrevue, quitte à insister un peu plus, sans crainte, forts de l'expérience acquise, de sortir davantage que nous l'avons fait, des questions prévues pour approfondir toute réponse qui paraîtrait confuse ou nébuleuse.

3.2 Considérations diverses sur l'expérience réalisée

Malgré certaines faiblesses dûment constatées, nos outils se sont révélés efficaces et bien adaptés à la nature de nos objets de recherche. Leur puissance résulte, avant tout, de leur utilisation conjointe et des convergences d'indications qu'elle permet de dégager. Dans une recherche comme celle-ci, les impondérables sont tellement nombreux qu'une conclusion tirée d'indications isolées, aussi précises soient-elles, reste toujours chargée d'incertitude: seule la cohérence d'un faisceau de

signes ou d'indices obtenus de sources diversifiées permet d'éliminer une part de cette incertitude en offrant de meilleures garanties de la justesse des observations. C'est ce qui fait tout l'intérêt des études de cas où justement les signes cohérents d'une évolution se sont accumulés, ce, même si l'évolution constatée était parfois subtile et se manifestait aussi fort subtilement.

À ce chapitre du degré de certitude, un autre élément dont nous n'avons que peu parlé, mérite notre attention: le fait que, dans les études de cas, les analyses ont été reprises indépendamment par deux "experts" et que seules les conclusions faisant l'unanimité, après une période de discussion, ont été retenues. Cette approche assure une argumentation de meilleure qualité sans compter que, si une seule personne peut parfois se tromper en évaluant une perception, il y a de bonnes chances que les critiques des deux autres la remettent à l'heure plus juste.

D'autres approches auraient été possibles pour évaluer les perceptions des maîtres: celle qui est revenue le plus souvent parmi toutes les suggestions qui nous ont été faites, c'est d'aller observer les maîtres dans leur pratique auprès des enfants, approche qui, aux dires de ses tenants, permettrait de vérifier en plus, si l'on prend la peine d'interroger les gens, l'adéquation entre leur discours et leur pratique réelle. Nous avons rejeté cette proposition pour plusieurs raisons que nous esquissons brièvement:

- il n'existe aucune méthode qui permette d'observer une pratique en classe sans que celle-ci en soit modifiée, parfois de façon considérable. Quelle valeur peuvent donc avoir des résultats obtenus de cette façon?

- s'il est relativement certain qu'une perception donnée influence la pratique d'un maître, il demeure très difficile de juger de cette perception à partir de cette pratique puisque cette dernière est aussi influencée par une foule d'autres facteurs difficiles à contrôler. C'est d'ailleurs ce que nous

reconnaissions implicitement en disant que si un changement des perceptions est nécessaire à un véritable renouvellement des pratiques scolaires, il n'est pas suffisant pour garantir un tel renouvellement. Dans ces conditions, une recherche en classe nous paraissait un peu prématurée, puisqu'il fallait d'abord nous assurer de la présence possible de perceptions nouvelles.

Ceci dit, des observations en classe ne seraient pas stériles et il faudra un jour en mener, notamment pour voir comment les perceptions qui évoluent, se manifestent dans la pratique et poussent les maîtres à modifier leurs comportements et attitudes. Ce sont de telles questions que nous abordons dans la prochaine section.

4. Les implications pour la recherche

De façon générale, le présent travail montre qu'une recherche de type, avant tout, qualitatif mais où les aspects plus quantitatifs ne sont pas ignorés, participant à l'étude des convergences d'indications, peut s'avérer riche en résultats même s'il s'agit d'atteindre des "objets" particulièrement difficiles à cerner comme les perceptions d'une discipline et de son apprentissage. Les instruments d'évaluation et l'approche utilisée pour l'analyse des informations que nous avons mis au point, pourront être adaptés par d'autres chercheurs désireux de poursuivre les études ici entreprises afin d'enrichir nos connaissances dans un domaine relativement peu exploré.

Plusieurs questions demeurent encore sans réponse dont quelques-unes sont amenées par la présente étude. Ainsi, c'était là notre première conclusion, les enseignantes qui ont participé à cette recherche se sont révélées, au départ, être plus constructivistes que ce que nous avions prévu. Et nous faisions alors remarquer que nous avions affaire à des personnes qui avaient pris la peine de s'inscrire à un programme de perfectionnement et qui avaient donc réfléchi de façon particulière sur leur pratique, y avaient reconnu des faiblesses et pris des moyens pour y

remédier. D'où une première recherche possible d'évaluer les perceptions des enseignants et enseignantes "ordinaires", ces personnes qui exercent leur profession depuis un certain temps mais ne sont pas venues se perfectionner ainsi.

D'autres recherches de même nature viseraient les futurs maîtres que l'on retrouve dans les programmes de formation initiale: on pourrait, d'une part, évaluer leurs perceptions afin de les comparer à celles des gens plongés depuis longtemps dans la pratique de l'enseignement et de vérifier, d'autre part, si les conclusions de la présente étude sur les maîtres en exercice s'appliquent aussi à leur cas, lorsqu'on leur offre un cours du type de notre cours expérimental. Une telle recherche pourrait ouvrir de nouvelles perspectives au niveau de la formation initiale.

Un autre champ à explorer, champ évoqué un peu plus tôt, c'est celui de la pratique réelle des enseignants et enseignantes en classe: les difficultés à affronter pour réussir des observations qui affectent le moins possible cette pratique, sont nombreuses mais il vaudrait la peine de s'y attaquer, notamment pour voir comment les perceptions des maîtres influencent leur pratique et jusqu'à quel point une évolution de ces perceptions se traduit par une évolution de cette pratique. Par contre, il nous paraît moins utile de chercher à identifier les perceptions à partir de la pratique: les trop nombreuses contraintes qui affectent cette pratique rendent cette étude quelque peu stérile à notre avis.

Aussi difficile mais tout aussi intéressante serait une recherche à plus long terme sur les perceptions des maîtres, recherche où l'on pourrait s'interroger sur la stabilité d'une évolution comme celle que nous avons pu observer dans notre travail: les perceptions reviennent-elles à leur état initial ou le changement dure-t-il ou même l'évolution se poursuit-elle à mesure que les expériences pratiques s'accumulent mais aussi que les contraintes du quotidien agissent qui peuvent ébranler les convictions acquises?

Une dernière question qui touche l'approche pédagogique: celle-ci a été utilisée avec des maîtres du primaire et pour l'étude de concepts élémentaires. Qu'est-ce qui demeure possible si l'on pense à des notions plus complexes, plus évoluées et aux maîtres des niveaux secondaire et collégial? Tout est encore à faire à ce chapitre même si Bergeron et Herscovics (1982) ont déjà tenté, obtenant des succès encourageants, d'appliquer le modèle de compréhension à des concepts comme celui de variable ou de fonction.

Cette question, qui clôt une liste qui pourrait encore s'allonger, nous amène à une dernière série d'observations sur les implications pédagogiques de notre travail.

5. Les implications pédagogiques de la présente recherche

Que conclure sur le modèle de formation et de perfectionnement proposé dans cette étude? C'est là une question qui mérite beaucoup d'attention à cause des retombées possibles - et souhaitables à notre avis - sur la préparation offerte aux maîtres du primaire.

Nous avons plusieurs fois décrit l'approche proposée en insistant sur l'intégration des composantes psychologique, pédagogique, épistémologique et mathématique, les analyses de concepts menées dans le cadre du modèle de compréhension forçant les enseignants et enseignantes à fouiller ces quatre aspects en s'appuyant sur leurs connaissances, sur leurs observations, sur leurs expériences et sur leurs réflexions individuelles et collectives. Cette approche est très constructiviste puisque les progrès enregistrés au plan des connaissances sont essentiellement le fait des maîtres eux-mêmes, le professeur jouant le rôle d'animateur qui coordonne les efforts, les organise pour en augmenter l'efficacité tout en agissant comme personne ressource susceptible de fournir des compléments d'information, souvent impossibles à trouver ailleurs, comme des résultats de recherches récentes sur l'un ou l'autre des points particuliers abordés.

Le rôle du modèle de compréhension est fondamental: il est le pivot de l'approche, l'élément intégrateur, la clef de la réflexion qui permet la reconstruction dans une perspective pédagogique, des contenus mathématiques par les maîtres. Donc, meilleur le modèle, plus efficace l'approche. Cependant, il ne faudrait pas conclure que seul le modèle de compréhension auquel nous avons ici eu recours puisse produire des résultats comme ceux que nous avons observés: il est vraisemblable que tout autre modèle de compréhension ou de connaissance suffisamment évolué pour constituer un outil de réflexion sur les concepts et leur apprentissage permettrait d'obtenir des résultats analogues. C'est d'ailleurs ce qui ressort de l'étude exploratoire, alors qu'un modèle nettement moins parfait avait servi aux maîtres pour encadrer leurs réflexions et analyses.

On peut aussi questionner l'influence du professeur formateur: cette personne joue un rôle important et délicat, guidant les enseignants et enseignantes mais ne devant jamais imposer ses solutions ou réponses. Elle doit donc parfaitement comprendre l'"esprit" de l'approche et, puisque son attitude peut avoir une influence dont cette étude ne nous permet pas de juger, nous ajouterons fort prudemment qu'elle doit aussi être convaincue de son efficacité. Sans compter que sa préparation doit être suffisante, tant au plan de la connaissance du modèle, des contenus abordés que de celle de l'enseignement et de l'apprentissage comme ils sont vécus au primaire.

Nous voulons aussi insister sur l'importance de la présence, dans le contexte de cette approche, d'un outil d'évaluation constructiviste comme la mini-entrevue: cet outil remplit plusieurs fonctions capitales, facilitant l'exploration de la compréhension auprès des enfants ce qui permet d'enrichir le cours tout en lui fournissant un prolongement pratique, les maîtres sachant que, s'ils insistent davantage sur la démarche de l'enfant, sur les processus de pensée que celui-ci met en jeu, ils pourront ensuite être cohérents avec ce choix au moment de l'évaluation, ce qui évite les angoisses de la contradiction.

Nos propres outils d'évaluation, test, questionnaire et entrevue, ne semblent guère avoir influencé les perceptions et conceptions de nos sujets témoins. Il ne faut cependant pas écarter la possibilité que leur utilisation dans le cadre du cours expérimental ait accru cette influence chez les sujets expérimentaux. Comme, par ailleurs, les réflexions que ces instruments ont pu susciter ne peuvent qu'être utiles et enrichir l'approche, nous proposons d'intégrer leur utilisation au cours: les étudiants et étudiantes trouveront là une amorce à leur réflexion et un point de repère intéressant pour juger de leur propre évolution et peut-être pourront-ils aussi y voir des documents de base pour des discussions de groupe.

En terminant, nous aimerions ajouter que ce qui, sans doute, fait la force de notre approche pédagogique, c'est qu'elle n'est pas explicitement présentée aux maîtres comme visant à changer leurs perceptions de la mathématique, de son enseignement et de son apprentissage: les personnes ne se sentent donc pas agressées puisque c'est indirectement, à partir de ce qu'elles voient dans le cours et des réflexions que cela suscite, que leurs perceptions sont atteintes et peuvent évoluer. La méthode est d'autant plus douce que si elle aborde les mathématiques par le biais de la connaissance que l'on s'en construit, elle ne met jamais l'accent sur le travail mathématique du maître lui-même, sur sa plus ou moins grande facilité en mathématiques de sorte qu'il ne se sent pas jugé ni n'est porté à se juger lui-même négativement.

BIBLIOGRAPHIE

ASHLOCK, R.B., JOHNSON, M.L., WILSON, J.W. et JONES, W.L. (1983). Guiding Each Child's Learning of Mathematics, Charles E. Merrill, New York.

BARRETT, W. (1979). The Illusion of Technique, Anchor Press/Doubleday, Garden City, New York.

BEAN, J.E. (1959). "Arithmetic Understanding of Elementary School Teachers", Elementary School Journal, pp. 447-450.

BEGLE, E.G. (1974). "Review of Why Johnny Can't Add", The National Elementary Principal, volume 53.

BELTZNER, Klaus P., COLEMAN, John A. et EDWARDS, Gordon D. (1977). Les sciences mathématiques au Canada, Étude de documentation pour le Conseil des Sciences du Canada, mars.

BERGERON, Jacques C. et HERSCOVICS, Nicolas. (1980). "Vers une intégration de la recherche à la formation et au perfectionnement des enseignants", Revue des Sciences de l'Éducation, volume VI, numéro 2, pp. 215-230.

BERGERON, Jacques C. et HERSCOVICS, Nicolas. (1981). "Some Problems Related to the Application of a Model of Understanding to Elementary School Mathematics", in Proceedings of the Third Annual Meeting of the North America Chapter of the IGPME, Minnesota.

BERGERON, Jacques C. et HERSCOVICS, Nicolas. (1982). Levels in the Understanding of the Function Concept, Communication presented at the Workshop on Functions, Enschede, Hollande, février.

BERGERON, Jacques C., HERSCOVICS, Nicolas et DIONNE, Jean J. (1981). "Assimilation of Models of Understanding by Elementary School Teachers", in Les Actes du cinquième colloque du IGPME, IMAG, Université de Grenoble, France, pp. 362-368.

BOUVIER, Alain. (1981). La mystification mathématique, Hermann, Paris.

BROWDER, F.E. et McLANE, S. (1978). "The Relevance of Mathematics", in L.A. Steen (ed), Mathematics Today: Twelve Informal Essays, Spinger-Verlag, New York.

BROWNELL, W.A. (1963). "Arithmetic Abstractions - Progress Toward Maturity of Concepts Under Differing Programs of Instruction", The Arithmetic Teacher, 10, p. 329.

BROWNELL, W.A. (1967). Arithmetic Abstractions: The Movement Toward Conceptual Maturity Under Differing Systems of Instruction, University of California Press, Berkeley.

BROWNELL, W.A. (1968). "Conceptual Maturity in Arithmetic Under Differing Systems of Instruction", Elementary School Journal, 69, pp. 151-163.

BRUNER, Jerome (1960). The Process of Education, Harvard Press, Cambridge.

BRUNER, Jerome. (1961). "The Act of Discovery", Harvard Educational Review, pp. 3121-3132.

BYERS, Victor et HERSCOVICS, Nicolas. (1977). "Understanding School Mathematics", Mathematics Teaching, numéro 81, pp. 24-27.

CALLAHAN, L.G. (1966). A Study of Knowledge Possessed by Elementary School Teachers In-Service and In-Training, of the Cultural, Psychological and Mathematical Foundations of the Elementary School Mathematics Program, Thèse de doctorat non publiée, Syracuse University.

CALLAHAN, L.G. et GLENNON, V.J. (1975). Elementary School Mathematics A Guide to Current Research, 4ième édition, Association for Supervision and Curriculum Development, Washington, D.C.

Cambridge Conference on School Mathematics (1963). Goals for School Mathematics, Houghton Mifflin, Boston.

CARPENTER, T.P. et MOSER, J.M. (1979). "The Development of Addition and Substraction Concepts in Young Children", in Proceedings of the Third International Conference for the Psychology of Mathematics Education, Warwick, pp. 4-47.

CARPENTER, Thomas P., CORBETT, Mary Kay, KEPNER, Henry, LINDQUIST, Mary Montgomery et REYS, Robert E. (1980a). "Results and Implication of the Second NAEP Mathematics Assessments: Elementary School", The Arithmetic Teacher, avril, pp. 10-12 et 44-47.

CARPENTER, Thomas P., CORBETT, Mary Kay, KEPNER, Henry S. Jr., LINDQUIST, Mary Montgomery et REYS, Robert E. (1980b). "National Assessment: A Perspective of Mathematics Achievement in the United States", in Proceedings of the 4th International Conference for the Psychology of Mathematics Education, Berkeley, California, août, pp. 409-423.

CARPENTER, Thomas P., CORBETT, Mary Kay (ed), KEPNER, Henry S. Jr., LINDQUIST, Mary Montgomery et REYS, Robert E. (1981). Results from the Second Mathematics Assessment of the National Assessment of Educational Progress, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginia.

College Entrance Examination Board, Commission on Mathematics. (1959). Report of the Commission on Mathematics, New York.

COLMEZ, F. (1979). "L'enseignement des mathématiques aux niveaux préélémentaire et primaire", in Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume IV.
Document préparé par la CIEM pour le compte de l'UNESCO.

COMITI, C, BESSOT, A. et PARISELLE, C. (1980). "Analyse de comportements d'élèves du cours préparatoire confrontés à une tâche de construction d'un ensemble équipotent à un ensemble donné", Recherches en didactique des mathématiques, volume 1.2, pp. 171-224.

Commission d'étude sur les universités, Comité d'étude sur la formation et le perfectionnement des enseignants. (1979). Rapport, Gouvernement du Québec, mai.

Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique (CIEM). (1966). Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume I, UNESCO.

Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique (CIEM). (1970). Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume II, UNESCO.

Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique (CIEM). (1972). Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume III, UNESCO.

Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique (CIEM). (1979). Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume IV, UNESCO.

CORMIER, Roger A., LESSARD, Claude, VALOIS, Paul et TOUPIN, Louis. (1981). Les enseignantes et enseignants du Québec. Une étude socio-pédagogique, volume 4, Valeurs éducationnelles, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, Service de la Recherche.

CORMIER, Roger A., LESSARD, Claude, VALOIS, Paul et TOUPIN, Louis. (1980). Les enseignantes et enseignants du Québec. Une étude socio-pédagogique, volume 6, La formation et le perfectionnement, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, Service de la Recherche.

COURANT, Richard et ROBBINS, Herbert. (1941). What is Mathematics? An Elementary Approach to Ideas and Methods, Oxford University Press, London (14ième édition, 1969).

DAVIS, Philip, J. et HERSH, Reuben. (1980). The Mathematical Experience, Birkhauser, Boston, Stuttgart.

DHOMBRES, Jean. (1981). "L'enseignement et le rôle des mathématiques", Instantanés Mathématiques, janvier, XVII-3, pp. 6-13. (Reprise d'un article publié dans la revue Études, Paris, février 1980).

DIONNE, Jean J. (1982a). "Aperçu historique de la philosophie des mathématiques", Bulletin AMQ. Association mathématique du Québec, volume XXII, numéro 2, mai, pp. 17-25.

DIONNE, Jean J. (1982b). "La philosophie formaliste des mathématiques et la pratique mathématique", Bulletin AMQ. Association mathématique du Québec, volume XXII, numéro 4, décembre, pp. 3-12.

DIONNE, Jean J. (1986). Effets de l'analyse conceptuelle sur la perception des mathématiques, de leur apprentissage et de leur enseignement chez les enseignants et enseignantes du primaire. Thèse de doctorat, Université de Montréal.

EASLEY, Jack. (1978). A Portrayal of Traditional Teachers of Mathematics in American Schools, Rapport numéro 4, Commitee on Culture and Cognition, University of Illinois at Urbana-Champaign, octobre.

ERLWANGER, Stanley H. (1973). "Benney's Conception of Rules and Answers in IPI Mathematics", The Journal of Children's Mathematical Behavior, volume I, numéro 2, pp. 7-26.

ERLWANGER, Stanley H. (1975). "Case Studies of Children's Conceptions of Mathematics", The Journal of Children's Mathematical Behavior, volume I, numéro 3, pp. 157-283.

FAURE, Edgar. (1972). Apprendre à être: Le monde sans frontière, Fayard Unesco.

FLETCHER, T.J. (1975). Is the Teacher of Mathematics a Mathematician or Not?, Schriftenreihe der Instituts fur Didactik der Mathematik der Universitat Bielefeld, numéro 6.

FORBES, J.E. (1971). "The Utility of Behavioral Objectives: A Source of Danger and Difficulties", The Mathematics Teacher, 69:687, pp. 744-747.

FREGE, Gottlob. (1879). Begriffschrift, Halle.
Traduction anglaise tirée de Van Heijinoort, J. (1967). From Frege to Godel, Harvard University, Cambridge, Mass., pp. 1-82.

FREUDENTHAL, Hans. (1973). Mathematics as an Educational Task, Reidel, Dordrecht.

FREUDENTHAL, Hans. (1977). Teacher Training: An Experimental Philosophy, Paper presented at the Conference on the Problems of Teachers of Mathematics, Pécs, Hungary.

FRIEDLANDER, B. (1965). "A Psychologist's Second Thought on Concepts, Curiosity and Discovery in Teaching and Learning", Harvard Educational Review, 35, pp. 18-38.

FUSON, K. (1979). An Analysis of the Counting-on Solution Procedure in Addition. Communication présentée à la Wingspread Conference on the Initial Learning of Addition and Substraction Skills, Racine, Wisconsin, novembre.

GAULIN, Claude. (1978). "Innovations in Teacher Education Programmes", in Coleman, A.J., Higginson, W.C. et Wheeler, D.H. (ed). Educating Teachers of Mathematics: The Universities' Responsability. Proceedings of a Conference sponsored by the Science Council of Canada at Queen's University.

GINSBURG, Herbert. (1977). Children's Arithmetic. The Learning Process. D. Van Nostran Company, New York.

GINSBURG, Herbert et OPPER, Sylvia. (1979). Piaget's Theory of Intellectual Development. Prentice Hall Inc., New Jersey.

GLENNON, V.J. (1948). "A Study in Needed Redirection in the Preparation of Teachers of Arithmetic", The Mathematics Teacher, 42, pp. 389-396.

HADAMARD, Jacques. (1949). The Psychology of Invention in the Mathematical Field. Princeton University Press, Princeton.

HATCHER, William S. (1968). Foundations of Mathematics. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Toronto.

HERSCOVICS, Nicolas. (1981). A Conceptual Framework for the Understanding of Mathematical Symbolism. Paper presented at the Research Presession 1981, Annual NCTM Meeting, St-Louis, Missouri, avril 21.

HERSCOVICS, N., BERGERON, J.C. (1981). "Psychological Questions Regarding a New Model of Understanding Elementary School Mathematics", in Proceedings of the Third Annual Meeting of the North American Chapter of the IGPME, Minnesota.

HERSCOVICS, N., BERGERON, J.C. (1982a). "La formation des enseignants à l'analyse conceptuelle en didactique de la mathématique", Revue des Sciences de l'Éducation, volume VIII, numéro 2, pp. 293-311.

HERSCOVICS, Nicolas et BERGERON, Jacques C. (1982b). "Des modèles de la compréhension", Revue des Sciences de l'Éducation, volume VIII, numéro 3, pp. 575-595.
Article publié en anglais sous le titre "Models of Understanding" dans Zentralblatt fur Didactik der Mathematik, numéro 2, avril 1983.

HERSCOVICS, Nicolas et BERGERON, Jacques C. (1984). "A Constructivist vs a Formalist Approach in the Teaching of Mathematics", in Proceedings of the Eight PME Conference, Sydney, Australia, pp. 190-196.

HERSCOVICS, N., BERGERON, J.C. et NANTAIS-MARTIN, N. (1981). "Some Psycho-Pedagogical Effects Associated with the Study of Models of Understanding by Primary School Teachers", in Les Actes du cinquième colloque du IGPME, IMAG, Université de Grenoble, France, pp. 369-374.

HERSH, Reuben. (1979). "Some Proposals for Reviving the Philosophy of Mathematics", Advances in Mathematics, 31, pp. 31-50.

HIGGINSON, William C. (1981). "Les fondements de l'enseignement des mathématiques", Instantanés Mathématiques, volume XVIII, numéro 2, novembre, pp. 3-10.
(Traduction française de "On Foundations of Mathematics Education", For the Learning of Mathematics, volume 1, numéro 2, novembre 1980, pp. 3-7.

HOWSON, A.G. (1979). "Analyse critique du développement du curriculum dans l'enseignement mathématique", in Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume IV.
Document préparé par la CIEM pour le compte de l'UNESCO.

HUTIN, Raymond. (1977). Comment concilier un plan d'études par objectifs avec une pédagogie faisant appel à des "situations mathématiques" et à l'apprentissage par conflit. Exposé présenté lors du colloque sur la pédagogie par objectifs organisé par l'Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques de l'Université d'Orléans, février.

KENNEY, R.A. (1965). "Mathematical Understanding of Elementary School Teachers", The Arithmetic Teacher, 12, pp. 431-442.

KLINE, Morris. (1974). Why Johnny Can't Add: The Failure of the New Math, Vintage Books, New York.

KOECKERITZ, W.A. (1970). An Analysis of Mathematical and Professionnal Knowledge of Present and Future Elementary Teachers. Thèse de doctorat non publiée, Utah State University.

KOTASEK, J. (1972). "Current Trends and Problems", in Yates, A. (ed) Current Problems of Teacher Education, UNESCO Institute for Education, Hamburg.

KRYGOWSKA, A. (1979). "L'enseignement mathématique au niveau post-élémentaire (élèves de 10 à 16 ans)", in Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume IV.
Document préparé par la CIEM pour le compte de l'UNESCO.

KRYGOWSKA, Z. (1966). "Axiomatique et axiomatisation dans l'enseignement secondaire", in Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume I.
Document préparé par la CIEM pour le compte de l'UNESCO.

LAKATOS, Imre. (1976). Proofs and Refutations, Worral J. et Zahar, E., (ed), Cambridge University Press, London.

LANGER, Jonas. (1969). Theories of Development, Holt, Rinehard and Winston, New York.

Ministère de l'Éducation du Québec. (1970). Programme de mathématiques pour l'élémentaire, DGEES (document 16-2013), Québec.

Ministère de l'Éducation du Québec. (1976). La mathématique à la classe maternelle et au niveau élémentaire, Programme-cadre, DGEES (document 16-1623), Québec.

MONTESSORI, M. (1964). The Montesori Method, Schocken Books, New York.

NANTAIS, Nicole. (1982). La mini-entrevue: un nouvel outil d'évaluation, Conférence présentée à la session d'étude de l'APAME, Drummondville, novembre.

NANTAIS, N., HERSCOVICS, N. et BERGERON, J.C. (1982a). La mini-entrevue, Guide méthodologique, Document de travail inédit, Université de Montréal, mai.

NANTAIS, N., HERSCOVICS, N. et BERGERON, J.C. (1982b). Mini-entrevue sur la mathématisation initiale de l'addition (réunir ou ajouter, puis compter à partir de un), Document inédit, Université de Montréal, mai.

NANTAIS, N., HERSCOVICS, N. et BERGERON, J.C. (1982c). Mini-entrevue sur l'abstraction de l'addition (réunir ou ajouter, puis compter à partir de l'un des termes), Document inédit, Université de Montréal, mai.

NANTAIS, N., HERSCOVICS, N. et BERGERON, J.C. (1983). "La mini-entrevue, un nouvel outil d'évaluation de la compréhension en mathématiques au primaire", in Les actes de la cinquième rencontre annuelle du PME-NA, volume 2, Montréal, pp. 205-214.

NANTAIS, N., BERGERON, J.C. et HERSCOVICS, N. (1984). "The Skills-Understanding Dilemma in Mathematics Education", in Proceedings of the Sixth Annual Meeting of the PME-NA, Madison, Wisconsin, pp. 229-235.

National Advisory Commitee on Mathematical Education (NACOME). (1975). Overview and Analysis of School Mathematics, Grade K-12, Conference Board of the Mathematical Science, Washington, D.C.

National Council of Supervisors of Mathematics (NCSM). (1978). Les habiletés fondamentales (Basic skills) en mathématique, Position de l'association américaine des coordonnateurs en mathématiques. Traduction libre de Jean-Guy Bélisle publiée dans Flash-Math (APAME), Montréal, janvier.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1980). An Agenda for Action. Recommendations for School Mathematics of the 1980's. The National Council of Teachers of Mathematics Inc., Reston, Virginia.

NEILL, A S. (1960). Summerhill. Hart, New York.

NESHER, P. (1979). Levels of Description in the Analysis of Addition and Substraction. Communication présentée à la Wingspread Conference on the Initial Learning of Addition and Substraction Skills, Racine, Wisconsin, novembre.

O'BRIEN, T.C. (1973). "Why Teach Mathematics?", Elementary School Journal, pp. 258-368.

Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE). (1961). Programme moderne de mathématiques pour l'enseignement secondaire. Paris.

Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE). (1974). L'enseignement face à l'innovation. Rapport général, volume 1, Paris.

Organisation for European Economic Co-operation (OEEC). (1961). New Thinking in School Mathematics.

ORPWOOD, Graham, W.F., ALAM, Isme et SOUQUE, Jean-Pascal. (1984). L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Étude de documentation 52, volume II: données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada. Conseil des Sciences du Canada, Centre d'édition du gouvernement du Canada, avril.

OTTE, Michael. (1979). "Formation et vie professionnelle du maître en mathématiques", in Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques, volume IV.
Document préparé par la CIEM pour le compte de l'UNESCO.

PIAGET, J. (1965). The Child's Conception of Number. W.W. Norton, New York.

PIAGET, J. (1973). "Comments on Mathematical Education", in A.G. Howson (ed), Developments in Mathematical Education. Proceedings of the Second International Congress on Mathematical Education, Cambridge University Press, London.

POLANYI, Michael. (1966). The Tacit Dimension. Doubleday, New York.

REVUZ, André. (1980). Est-il impossible d'enseigner les mathématiques?. Coll. L'Educateur PUF, Paris.

RICHARDS, John. (1981). "Epistemology and Mathematical Proof", À paraître dans Methodos, Italie.
La date donnée est celle du manuscrit.

ROBITAILLE, David et DIRKS, Michael. (1982). "Models for the Mathematics Curriculum", For the Learning of Mathematics, volume 2, numéro 3, mars, pp. 3-21.

School Mathematics Study Group (SMSG). (1961). Mathematics for Junior High School, Yale University Press, New Haven.

SKEMP, Richard R. (1971). The Psychology of Learning Mathematics, Penguin Books Ltd, New York.

SKEMP, Richard R. (1976). "Relational Understanding and Instrumental Understanding", Mathematical Teaching, numéro 77.

SKEMP, Richard R. (1979). Intelligence Learning and Action, A Foundation of Theory and Practice in Education, John Wiley and Sons, Chichester, New York.

SKEMP, Richard R. (1981). Consultation, Montréal, mars.

STEFFE, L.P., RICHARDS, J. et VON GLASERSFELD, E. (1981). Children's Counting Types: Philosophy, Theory and Case Studies, Symposium on Inter-disciplinary Research on Number, Athens, Georgia, avril.

TABA, Hilda. (1962). Curriculum Development, Theory and Practice, Harcourt, Brace and Wald, New York.

THOM, René. (1970). "Les mathématiques 'modernes': Une erreur pédagogique et philosophique?", L'Age de la Science, 3, pp. 225-236.

THOM, René. (1973). "Modern Mathematics: Does it Exist?", in A.G. Howson (ed), Developments in Mathematical Education, Proceedings of the Second International Congress on Mathematical Education, Cambridge University Press, London.

VAN DALEN, Dirk. (1973). "Lecture on Intuitionism", in Mathias, A.R.D. et Rogers, H., (ed), Cambridge Summer School in Mathematical Logic, Springer-Verlag Lectures Notes in Mathematics.

VERGNAUD, Gérard. (1979). "The Acquisition of Mathematical Concepts", Educational Studies in Mathematics, volume 10, pp. 263-274.

WATSON, F.R. (1971). "Aims in Mathematical Education and Their Implications for the Training of Mathematics Teachers", in International Journal of Mathematics Education in Science and Technology, 2, pp. 105-118.

WEAVER, J.F. (1956). "A Crucial Problem in the Preparation of Elementary School Teachers", Elementary School Journal, 56, pp. 255-261.

WHITEHEAD, Alfred North. (1911). An Introduction to Mathematics. The Clarendon Press, Oxford.

WHITEHEAD, Alfred North. (1916). "The Aims of Education. A Plea for Reform" The Mathematical Gazette, 8, pp. 191-203.

WHITEHEAD, Alfred North. (1929). The Aims of Education. The Macmillan Company, New York.

WITHNEY, H. (1973). "Are We Off the Track in Teaching Mathematical Concepts?", in A.G. Howson (ed), Developments in Mathematical Education, Proceedings of the Second International Congress on Mathematical Education, Cambridge University Press, London.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
PUBLICATIONS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION
VICE-DÉCANAT À LA RECHERCHE

Les Publications de la Faculté des sciences de l'éducation visent principalement la diffusion de travaux de recherche réalisés par les professeurs, les étudiants et les équipes de recherche de la Faculté.

Un des intérêts des Publications réside dans le fait qu'elles constituent un lieu unique de diffusion de travaux de différents genres qui ne peuvent pas facilement être publiés soit chez un éditeur à cause de leur caractère spécialisé, soit dans des revues savantes à cause de leur dimension trop considérable. Les ouvrages parus dans les Publications se regroupent en quatre collections différentes: Rapports de recherche, Revue Repères, Actes de Colloque et Prix Grégoire.

RAPPORTS DE RECHERCHE

Cette collection comprend des rapports de recherche, subventionnée ou non, qui se présentent en général sous la forme de monographie. Les rapports peuvent présenter les résultats finaux d'une recherche ou encore le texte préliminaire d'un rapport final. Le nombre de pages considérable alloué à ces rapports permet de fournir une étude approfondie des questions traitées.

ALLAIRE, Carole; BRUNELLE, Louise et PELLETIER, Guy (1985). Nouveau-Départ: un bilan. Rapport de recherche no 012, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 312 pages.

Épuisé - 14.00$

ARCHAMBAULT, Jean; BRUNET, Luc et GOUPIL, Georgette (1984). Directions d'école et enseignants face au stress: le rôle du climat organisationnel dans l'anxiété. Rapport de recherche no 011, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 68 pages.

Réimpression - 3.00$

BARRET, Gisèle (1986). Essai sur la pédagogie de la situation en expression dramatique et en éducation. Rapport de recherche no 025, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 194 pages.

8.00$

BOURRET, André et PELLETIER, Guy (1985). Fragment d'une histoire de l'éducation au Québec. Rapport de recherche no 018, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 169 pages.

Épuisé - 7.50$

BRASSARD, André (1984). Le projet éducatif: plan d'action ou idées de l'école. Imprimé par la Commission scolaire de St-Exupéry, 55 pages.

Épuisé - 2.50$

BRASSARD, André (1984). S'approprier la réalité de l'école: IODRE (Instrument pour observer et décrire la réalité de l'école). Imprimé par la Commission scolaire de St-Exupéry.

Épuisé

BRASSARD, André; BRUNET, Lus; CORRIVEAU, Lisa et PÉPIN, Richard; MARTINEAU, Georges (1986). Les rôles des directions d'école au Québec: 2ième partie. L'exercice des rôles et l'efficacité organisationnelle. Rapport de recherche no 021, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 269 pages.

12.00$

BRUNET, Lus; BRASSARD, André; CORRIVEAU, Lisa et PÉPIN, Richard (1985). Le rôle du directeur d'école: 1ère partie. Rapport de recherche no 017, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 165 pages.

Épuisé - 7.50$

BRUNET, Lus et GOUPIL, Georgette (1983). Enseignants et directions d'école face à l'intégration scolaire des enfants en difficulté. Rapport de recherche no 002, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 90 pages.

4.00$

BUTEAU, Paul-Henri et PELLETIER, Guy (1985). Les services scolaires pour les élèves handicapés vis-à-vis... Le point de vue des parents. Rapport de recherche no 020, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 125 pages.

Épuisé - 5.75$

CHENÉ, Adèle et PAINCHAUD, Gisèle (1986). Vieillissement et formation reliés à l'emploi. Rapport de recherche no 024, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal,163 pages.

8.25$

COMEAU, Michelle et GOUPIL, Georgette (1984). Le statut sociométrique d'enfants désadaptés socio-affectifs et en trouble d'apprentissage intégrés dans des classes ordinaires. Rapport de recherche no 007, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 75 pages.

3.50$

COMEAU, Michelle et GOUPIL, Georgette (1985). L'intégration des enfants mésadaptés socio-affectifs au primaire. Rapport de recherche no 016, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 107 pages.

Réimpression - 5.00$

D'ANGLEJAN, Alison; PAINCHAUD, Gisèle et VINCENT, Diane (1982). Acquisition du français par un groupe d'immigrants asiatiques. 88 pages.

Épuisé - 4.00$

DUPONT, Chantal; LA ROCQUE, Gabriel et THIVIERGE, Renée (1985). La télévision et les jeunes. Rapport de recherche no 014, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 284 pages.

Épuisé -13.00$

DUPUIS, Philippe; BRUNET, Luc; HAMEL, Marie-Josée; LAVOIE-STE-MARIE, Pierrette et ST-GERMAIN, Pierre (1985). Le mitan de la vie et la vie professionnelle, partie 1. Rapport de recherche no 019, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 253 pages.

Épuisé - 11.50$

DUPUIS, Philippe et DION, Jean-François (1982). La formation pratique en milieu universitaire. Rapport de recherche no 001, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 270 pages.

Épuisé - 12.00$

FARINE, Avidgor (1981). La perception des employeurs des liens qui existent entre la formation et l'emploi. Rapport de recherche no 2, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 137 pages.

Épuisé - 6.00$

FARINE, Avidgor (1985). Les liens entre la formation et l'emploi: l'exemple de la RFA. Rapport de recherche no 013, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 62 pages.

3.00$

FOTINAS, Constantin (1981). Le Café-École vers une libération systémique de l'acte d'apprendre. Rapport de recherche no 1, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 75 pages.

Épuisé - 3.00$

GAGNON, Marc et OUELLET, Valmont (1984). De l'atelier à l'école. Une étude sur la formation des maîtres de l'enseignement professionnel. Rapport de recherche no 010, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 120 pages.

Épuisé - 5.00$

GAUDREAU, Jean (1983). Enquête sur les connaissances des adolescents montréalais. Rapport de recherche no 006, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 123 pages.

Épuisé - 5.00$

GAUDREAU, Jean (1984). L'acquisition des connaissances chez l'adolescent. Sept rapports de recherche. Rapport de recherche no 008, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 106 pages.

5.00$

GOUPIL, Georgette et COMEAU, Michelle (1983). Étude exploratoire sur l'intégration de l'élève mésadapté socio-affectif. Rapport de recherche no 005, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 120 pages.

5.00$

LEFEBVRE, André (1986). Marie-Victorin éducateur. Rapport de recherche no 026, Éditions Guérin et Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 203 pages.

9.00$

LEMOYNE, Gisèle et TRÉPANIER, Louise (1986). Connaissances et habiletés en mathématiques des élèves en adaptation scolaire. Rapport de recherche no 015, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 131 pages.

6.00$

McANDREW, Marie (1986). Études sur l'ethnocentrisme dans les manuels scolaires de langue française du Québec. Préface de Claude LESSARD. Rapport de recherche no 028, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 208 pages.

10.50$

MORIN, André (1986). La recherche-action en éducation: de la pratique à la théorie. Rapport de recherche no 022, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 350 pages.

15.75$

NONNON, Pierre (1986). Laboratoire d'initiation aux sciences assisté par ordinateur. Rapport de recherche no 023, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 146 pages.

7.00$

PELLETIER, Guy (1982). Des garderies, des garderies... Rapport de recherche no 000, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 90 pages.

Épuisé - 4.00$

PELLETIER, Guy (1983). Faire garder nos enfants. Rapport de recherche no 003, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 195 pages.

Épuisé - 9.00$

PELLETIER, Guy; collaboration: CRESPO, Manuel (1981). Le jeune immigrant dans le système scolaire. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 210 pages.

Épuisé - 9.00$

PELLETIER, Guy; collaboration: PONTON, Lise (1984). Une enquête auprès des travailleuses en garderies. Rapport de recherche no 009, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 170 pages.

Épuisé - 7.75$

STE-MARIE, Louis et KAHLER, David (1988). Évaluation des acquisitions en lecture et écriture durant la phase I et la phase II de la "Moyen Alfa" (Alphabétisation) en Haïti. Rapport de recherche no 029, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 190 pages.

10.00$

VAN DER MAREN, Jean-Marie (1983). Effets de stratégies de communication et d'interaction selon leurs modalités et leurs conditions d'application. Rapport de recherche no 004, Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 245 pages.

Épuisé - 11.00$

REPERES - ESSAIS EN ÉDUCATION

Cette collection se présente sous la forme d'une revue comprenant des articles de fond dont la dimension varie de 50 à 80 pages. Ces articles peuvent présenter des essais sur l'éducation et ses différents aspects, des rapports de recherche plus succincts que ceux de la collection précédente, des résumés substantiels de thèses de doctorat ou de mémoires de maîtrise, des rapports préliminaires de recherche ou des rapports d'étape. La revue Repères fait paraître aussi des numéros thématiques regroupant des articles autour d'un sujet spécifique.

REPERES. Essais en éducation, no 1, (1982). Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 175 pages.

Le climat organisationnel: mythe ou réalité. Luc BRUNET - Les méthodes quantitatives propres aux études longitudinales. Clément DASSA - Les systèmes d'apprentissage opérationnels (SAO). Réal LAROSE et Serge RACINE - Contribution à l'histoire de l'enseignement au primaire québécois (1940-1980). André LEFEBVRE et Geneviève RACETTE.

5.00$

REPERES. Essais en éducation, no 2, (1983). Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 161 pages.

La mémorisation de textes et les personnes handicapées sur le plan cognitif. Jacques LANGEVIN - Tests d'hypothèses d'une différence nulle d'espérances mathématiques. Georges MARTINEAU - Contexte, texte ou mémoire: de quoi dépend la compréhension d'un message? Bernadette SKA.

Épuisé - 5.00$

REPERES. Essais en éducation, no 3, (1983). Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 123 pages.

Les structures d'accueil pour la petite enfance au Québec: continuité ou division des expériences éducatives. Raquel BETSALEL-PRESSER et Ninon DENOMMÉE-ROBITAILLE - Le portemanteau récalcitrant. Contribution à l'étude de la théorie de Gagné sur la résolution de problème. Colette DUFRESNE-TASSÉ et Jacinthe ARPIN. La pédagogie universitaire au Québec depuis le Rapport Parent: éléments d'une historique. André LEFEBVRE et Geneviève RACETTE.

Épuisé - 5.00$

REPERES. Essais en éducation, no 4, (1984). Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 134 pages.

Onze propositions et quelques considérations sur la motivation de l'étudiant adulte. Colette DUFRESNE-TASSÉ - Les principes d'une politique d'évaluation de l'apprentissage au CEGEP. Luce GOERLACH et Serge RACINE - Variation du contenu lexical de l'évaluation dans une tâche de découverte guidée gérée par ordinateur. Jean-Marie VAN DER MAREN.

5.00$

REPERES. Essais en éducation, no 5, (1985). Numéro thématique. Les alternatives aux plans expérimentaux dans la mise à l'épreuve d'hypothèses en éducation. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 121 pages.

Pour une conception de l'hypothèse et de la recherche en éducation. Jean-Marie VAN DER MAREN - À partir de l'histoire de la vérification des hypothèses: indications épistémologiques. Normand BAILLARGEON - L'entre-deux légitimations de la science à la pratique. Yves POISSON - L'entrevue clinique comme méthode de recherche en éducation. Bernadette SKA - L'étude de cas comme méthode de recherche organisationnelle en éducation. André BRASSARD - L'observation et le système du sujet. Bibiane d'ANJOU - Instruments de recherche et statut du sujet. Marie LAROCHELLE - Histoire de vie et changement paradigmatique en éducation. Gaston PINEAU - Quelques notes sur la méthodologie ancrée de la nouvelle école de Chicago. Anne LAPERRIÈRE - La recherche-action. Arthur GÉLINAS - Entre l'histoire et la sociologie sur les rapports école/société. La perspective constructiviste. André PÉTITAT - Et pourquoi pas de la recherche sans hypothèse? L'alternative "existentielle-phénoménologique". Thérèse LAFERRIÈRE.

Réimpression - 5.00$

REPERES. Essais en éducation, no 6, (1986). Numéro thématique. Restructuration scolaire. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 187 pages.

La répartition du pouvoir formel dans le système de l'enseignement public: de 1950 à la Loi 3. André BRASSARD - Contribution à l'étude de la pensée analogique dans le cadre de la résolution de problème. Estelle CHAMBERLAND et Colette DUFRESNE-TASSÉ - Revoir la recherche en éducation: cesser de prédire pour mieux comprendre. Jean-Marie VAN DER MAREN - La réforme scolaire au Québec: un compromis. Henry MILNER.

6.00$

REPERES. Essais en éducation, no 7, (1986). Numéro thématique. Arts-expressions en pédagogie. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 135 pages.

Pour une pédagogie de l'expression. Gisèle BARRET - Vers une compréhension de l'expression créative en activités dramatiques. Diane ST-JACQUES - Revue critique de la recherche en éducation artistique. Nancy LAMBERT - Plaisir de la musique pour un enfant d'autrefois. André LEFEBVRE - Pour une définition de l'expression dramatique. Gisèle BARRET - Une recherche sur la formation des maîtres en expression - art dramatique. Gisèle BARRET et Georges LAFERRIÈRE - La recherche en arts-créativité-expressions à la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal. Gisèle BARRET.

7.50$

REPERES. Essais en éducation, no 8, (1986). Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 237 pages.

Impact d'un congé de formation payé sur les études universitaires, le travail, la vie familiale et les loisirs de l'adulte. Colette DUFRESNE-TASSÉ, Maryse DELARUE, Emmanuelle MARX, Lucil ANÉ, André LEFEBVRE et Anne BÉLANGER - Voies de recherche et d'innovation en pédagogie ouverte. Jean-Claude HÉTU - La profession enseignante: multiplicité des identités professionnelles et culture commune. Claude LESSARD - L'évaluation de l'apprentissage: Éléments de politique. Serge RACINE.

12.00$

REPERES - Essais en éducation, no 9, (1988). Numéro thématique. Enjeux en éducation: Conception, rôle et devenir de l'école publique québécoise. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 144 pages.

L'école, une organisation mal définie et dispersée. André BRASSARD - L'école de demain: L'école d'une société qui a privatisé son destin. Antoine BABY - L'école un système frontière. Régent FORTIN - L'école un tout ou un fourre-tout. Ali HARAMEIN - L'école secondaire et ses images. Claude LESSARD - Le dilemme de l'école face à ses multiples missions. Monique MUD-PLOURDE.

8.50$

REPERES. Essais en éducation, no 10, (1988). Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 12 pages.

L'intégration de la micro-informatique à l'école québécoise. Avigdor FARINE et Christophe HOPPER - Méthode d'appréciation des aptitudes de l'handicapé cognitif. Jean GAUDREAU - Le devenir de l'école québécoise: quelques éléments de base. Claude LESSARD - Logo, la langue et la pensée. Michel THERIEN et Marie-Christine PARET.

8.00$

ACTES DE COLLOQUE

Dans cette collection, paraissent les actes de colloques organisés par la Faculté et ses professeurs sur des sujets d'intérêt public ou plus spécialisés.

BIBEAU, Gilles et collaborateurs (réd.) (1985). La qualité en éducation: enjeux et perspectives. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 359 pages.

16.00$

BRASSARD, André (réd.) (1987). Le développement des champs d'application de l'administration: le cas de l'administration de l'éducation. Actes du Colloque, tenu à Montréal le 15 mai 1986 lors du Congrès de l'ACFAS. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 166 pages.

8.50$

BRUNET, Luc (1986). Problématique de la recherche institutionnelle et comportement organisationnel. Compte rendu symposium Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 84 pages.

4.00$

VAN DER MAREN, Jean-Marie et collaborateurs (1985). Stratégie pour la pertinence sociale de la recherche en éducation. Enquête-symposium. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal (Société canadienne pour l'étude de l'éducation), 135 pages.

6.00$

VAN DER MAREN, Jean-Marie et PAINCHAUD, Gisèle (réd.) (1985). Objets et méthodologies en recherche qualitative. Actes du Colloque. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 68 pages.

Réimpression - 3.00$

VAN DER MAREN, Jean-Marie (réd.) (1987). L'interprétation des données dans la recherche qualitative. Actes du Colloque de l'Association pour la recherche qualitative tenu à l'Université du Québec à Trois-Rivières le 31 octobre 1986. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 132 pages.

7.00$

PRIX GRÉGOIRE

Le but de cette collection consiste à publier une fois par année, sous forme de volume, le texte de la meilleure thèse de doctorat soutenue à la Faculté des sciences de l'éducation. Les thèses sont évaluées par un jury sur la base de leur valeur scientifique.

DIONNE, Jean J. (1987). Vers un renouvellement de la formation et du perfectionnement des maîtres du primaire: Le problème de la didactique des mathématiques. Thèse de doctorat. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 353 pages.

18.00$

DUPONT, Chantal (1984). Reconstruction par les enfants de six à neuf ans de messages filmiques à structure ouverte ou fermée. Thèse de doctorat. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 340 pages.

15.00$

FORTIN, Jean-Louis (1982). L'impact de la formation universitaire sur les modes de pratique dentaire. Thèse de doctorat. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 387 pages.

17.00$

MERROUNI, Mekki (1981). Le Collège musulman de Fès. Thèse de doctorat. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 390 pages.

17.00$

TÉJI, Justin (1985). Gestion de la contraction financière dans les organisations universitaires. Thèse de doctorat. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 338 pages.

17.00$

WATTERS, Jean (1985). Fonctions et tâches des intervenants en formation par téléconférence. Thèse de doctorat. Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, 205 pages.

Épuisé - 9.00$

COLLECTION PRIX GRÉGOIRE

TH0006